

М. П. МЕЛКОВ

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ
НАРАЩИВАНИЕ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ТВЕРДЫМ ЖЕЛЕЗОМ

8

ПРИВОЛЖСКОЕ
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
САРАТОВ 1964

11
97824

2939 5
64

A59

M477

621.357
M477

В книге описывается новый способ восстановления изношенных деталей машин, разработанный под руководством доктора технических наук М. П. Мелкова в Саратовском политехническом институте; подробно рассматривается технологический процесс получения на деталях твердых износостойких железных покрытий и приводятся практические рекомендации по организации и освоению твердого осталивания на ремонтных заводах и в цехах.

Все практические рекомендации, приведенные в книге, проверены на опыте ряда заводов, освоивших твердое осталивание.

Книга может быть рекомендована как практическое руководство для производственников.

Мелков Михаил Петрович

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ НАРАЩИВАНИЕ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТВЕРДЫМ ЖЕЛЕЗОМ

Редактор Л. Фофанова

Технический редактор А. Мокроусова

Корректоры Н. Любавина и Е. Черняк

*
НГ35123. Подп. к печ. 6.11.1964 г. Бумага 84×108 1/32. Бум. л. 3,81.
Печ. л. 10,45. Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 2000. Цена 54 коп. Переплет 10 коп.
Заказ 3980.
*

Приволжское книжное издательство. Саратов, Вольская, 81.
Саратов. Типография № 1 Областного управления по печати.

ВВЕДЕНИЕ

Работа любой машины, любого механизма сопровождается износом ее деталей. Износ деталей проявляется в изменении их размеров, формы и качества поверхностей (на последних появляются риски и царапины), геометрическая форма из цилиндрической становится овальной, по длине детали появляются дефекты в виде конусности и даже погнутости.

С изменением размеров изменяются и монтажные зазоры и натяги между сопряженными деталями. Износ деталей, постепенно увеличиваясь, со временем переходит допустимую границу, за пределами которой становится невозможной нормальная работа машины.

Современные быстроходные и сильно нагруженные машины очень чувствительны к износу. Известно, например, что при суммарном износе всех деталей грузового трехтонного автомобиля на 2—3 кг автомобиль теряет работоспособность и требует капитального ремонта.

Восстановление первоначальных зазоров и натягов в сочленениях деталей может быть достигнуто заменой или ремонтом их.

Программа КПСС ставит перед нашим народом в качестве главной экономической задачи создание материально-технической базы коммунизма. Она предусматривает полную электрификацию страны, комплексную механизацию производственных процессов и все более полную их автоматизацию.

Насыщение всех отраслей народного хозяйства современной машинной техникой во много раз увеличивает значение правильной организации технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, задачи поддер-

жания работоспособности всего машинного парка, и притом с наименьшими затратами.

Существующая в настоящее время практика ремонта машин, основанная преимущественно на замене изнашиваемых деталей новыми, требует больших затрат материальных и денежных средств. Эти затраты могут быть значительно снижены путем более широкого использования при ремонте машин отремонтированных деталей.

На транспорте, в колхозах и совхозах, на заводах и строительстве выбраковывается громадное количество изношенных деталей, которое с каждым годом прогрессивно увеличивается. Вопрос о наиболее рациональном и экономном использовании этих деталей имеет большое народнохозяйственное значение. В нашем народном хозяйстве в условиях непрерывно возрастающей концентрации машин изношенные детали, отработавшие один цикл эксплуатации, приобретают характер полноценного вторичного сырья, вполне пригодного и по качеству и по объему для организации на предприятиях специализированных участков и цехов на основе современной восстановительной технологии.

Наиболее современными способами восстановления деталей являются способы электролитического наращивания их различными металлами. За последние годы в практике ремонта машин начинает все более широко применяться способ электролитического наращивания изношенных деталей твердым электролитическим железом, разработанный в Саратовском политехническом институте на кафедре «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» под руководством автора книги.

Твердое электролитическое железо, получаемое электролитическим путем из горячих ($60-80^\circ$) кислых растворов хлористого железа при высоких плотностях тока, по некоторым своим свойствам (твердость, упругость, износостойкость) напоминает среднеуглеродистую закаленную сталь. При этом железное покрытие, полученное на деталях, не подвергается какой-либо термической обработке с целью упрочения.

Способ получения на деталях твердых износостойких осадков железа был назван «твердым осталиванием».

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА ЖЕЛЕЗА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НАРАЩИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Среди многочисленных способов восстановления деталей, практикуемых у нас в СССР, большое значение имеет способ наращивания на изношенные поверхности деталей слоя металла электролитическим путем с помощью постоянного электрического тока.

В настоящее время трудно найти такую отрасль народного хозяйства, где не применялись бы электролитические покрытия. Наиболее широко используются они в машиностроении, приборостроении, авто- и тракторостроении, в авиапромышленности и других отраслях. Самые разнообразные изделия промышленности — космический корабль, автоматическая ручка, уникальный станок, медицинское оборудование — имеют детали с электролитическими покрытиями.

Физические основы электролитических способов наращивания деталей рассматриваются в гальванотехнике, которая является частью прикладной электрохимии.

Родиной гальванотехники является Россия. 5 октября 1838 года русский ученый академик Б. С. Якоби на заседании Российской Академии наук доложил о своем открытии — получении точных копий с изделий путем элек-

тролитического осаждения металла. По поводу своего открытия Б. С. Якоби писал: «Сие изобретение принадлежит России и не может быть оспоримо никаким другим изобретением вне оной».

Гальванотехника делится на 2 раздела — гальванопластику и гальваностегию.

Гальванопластика изучает способы получения точных копий с различных изделий. Способами гальванопластики изготовлены, например, такие замечательные произведения искусств, как медные кони на фронтоне Большого театра, статуи и барельефы Исаакиевского собора, Эрмитажа, Зимнего дворца и др.

Гальваностегия изучает способы получения покрытий, прочно сцепленных с покрываемыми изделиями. Способами гальваностегии, например, наращиваются изношенные детали машин различными металлами — хромом, никелем, железом, медью.

Гальванические цехи в настоящее время имеются на ряде крупных ремонтных заводов, в мастерских, ремонтных базах. Количество таких предприятий увеличивается с каждым днем, и способы восстановления деталей электролитическим наращиванием все шире внедряются в практику ремонтных предприятий.

Гальваностегические покрытия имеют следующие области применения при ремонте машин и при их изготовлении:

1. Повышение износостойкости деталей (наращивание Cr, Fe, Ni, сплава Fe—Ni).
2. Восстановление изношенных деталей (наращивание Cr, Ni, Fe, сплава Fe—Ni, Cu).
3. Защитно-декоративные покрытия (покрытие Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb и др.).
4. Исправление брака механической обработки (наращивание Cr, Fe, Cu).
5. Защита от цементации (покрытие Cu).
6. Повышение жаростойкости деталей (покрытие Cr).
7. Повышение отражательной способности поверхностей фар, рефлекторов, зеркал и др. (покрытие Cr, Ni, Ag).
8. Повышение антифрикционных свойств поверхностей трения (Fe, Zn, Cu, Sn).
9. Получение порошков — порошковая металлургия.

10. Улучшение прирабатываемости трущихся поверхностей (покрытие Cr, Fe, Cu, Zn, Sn).

11. Придание поверхностному слою деталей специфических свойств (электропроводности, теплопроводности и др.).

ЭЛЕКТРОЛИЗ МЕТАЛЛОВ

Электролиты. Проводники II рода — кислоты, щелочи и соли, — называемые электролитами, при растворении в воде подвергаются электролитической диссоциации.

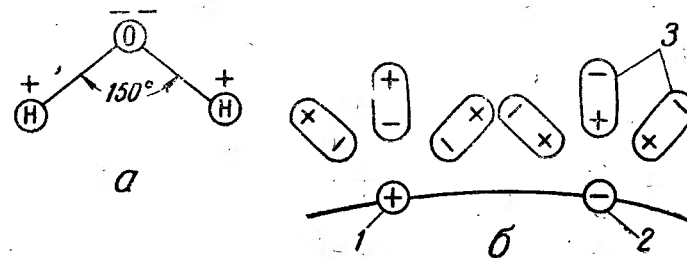


Рис. 1.

а. Структура полярной молекулы воды.

б. Отрыв ионов от кристалла соли при его растворении:

1 — катион; 2 — анион; 3 — молекулы воды.

ции. Электролитическая диссоциация состоит в том, что электролиты при растворении в воде распадаются на ионы — частицы (атомы или группы атомов), которые заряжены положительным или отрицательным электрическим зарядом. Число зарядов аниона условно обозначается минусом или соответствующим числом со знаком минус (например, OH^- , SO_4^{2-}), а катиона — плюсом или соответствующим числом со знаком плюс (H^+ , Fe^{2+}).

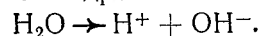
Раствор электролита в целом остается электрически нейтральным, так как количество отрицательных зарядов во всех ионах раствора равно количеству положительных зарядов.

В растворах кислот содержатся катионы водорода и анионы кислотных остатков ($\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$), в растворах щелочей — катионы металлов и анионы гидроксила ($\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$), в растворах солей — катионы металлов и анионы кислотных остатков ($\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$).

Распад молекул соли, кислоты или щелочи при раст-

ворении их в воде происходит в результате взаимодействия с молекулами воды, имеющими полярную структуру (рис. 1).

Вода (дистиллированная) является слабым электролитом, так как она в небольшой степени диссоциирована на ион водорода и ион гидроксила:



Концентрация ионов водорода $[\text{H}^+]$ и гидроксила $[\text{OH}^-]$ в чистой воде одинакова и равна $\frac{1}{10^7}$ г-экв/л, то есть в десяти миллионах литров воды диссоциирована одна грамм-молекула воды (18 г).

При добавлении в воду кислоты увеличивается концентрация ионов водорода и уменьшается концентрация гидроксильных ионов. При добавлении в воду щелочи происходит обратное явление. Однако во всех случаях по закону действующих масс произведение концентраций $[\text{H}^+]$ и $[\text{OH}^-]$ остается постоянным и равным

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = \frac{1}{10^{14}}.$$

Таким образом, растворы, где $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$, являются нейтральными, где $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ — кислыми и где $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ — щелочными.

Степень кислотности раствора обычно характеризуют величиной $[\text{H}^+]$. Так, например, если $[\text{H}^+] = \frac{1}{10^5}$, то раствор будет кислым.

Для удобства принято кислотность или щелочность раствора выражать с помощью водородного показателя, который обозначается рН и равен показателю степени знаменателя дроби, показывающей концентрацию водородных ионов в растворе.

Например, если $[\text{H}^+] = \frac{1}{10^5}$, то $\text{pH} = 5$.

Таким образом, водородный показатель в нейтральном растворе $\text{pH} = 7$, в кислотном $\text{pH} < 7$ и в щелочном $\text{pH} > 7$.

Электролиз и его законы. Электролизом называется химический процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через электролит. Схема процесса электролиза показана на рис. 2.

Электрод, подводящий ток в ванну с электролитом, называется анодом, или положительным электродом, а отводящий — катодом, или отрицательным электродом. Аноды применяются растворимые или нерастворимые.

В процессе электролиза с нерастворимыми анодами отрицательно заряженные ионы — анионы — перемещаются (притягиваются) к аноду, а положительно заряженные ионы — катионы — к катоду. На электродах ионы те-

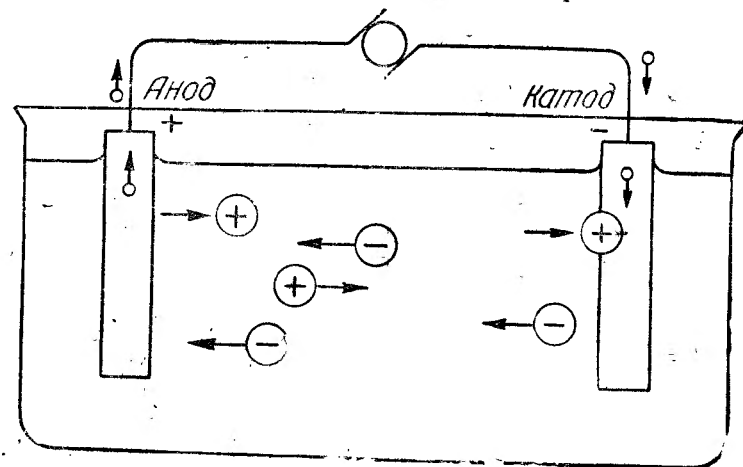


Рис. 2. Схема процесса электролиза.

ряют свой заряд, выделяясь здесь в виде нейтральных атомов или групп атомов.

При электролизе с растворимыми анодами на катоде основным процессом будет выделение металла, а на аноде — растворение его. Помимо этого, на катоде обычно выделяется газообразный водород, а на аноде кислород, который может производить окисление некоторых составляющих электролита или самих анодов.

В количественном отношении электролиз подчиняется законам Фарадея, которые выражаются формулой:

$$g = c \cdot I \cdot \tau,$$

где g — количество вещества (например, металла), выделяющегося при электролизе на катоде, г;
 c — электрохимический эквивалент выделяющегося на катоде вещества, г/а-час;

I — сила тока, проходящего через электролит, а;
 τ — длительность электролиза, час.

Так как на катоде одновременно с осаждением металла выделяется водород и могут протекать другие процессы, то действительный вес осажденного металла будет меньше рассчитанного по указанной формуле.

Отношение количества металла, полученного практически (g_n) к теоретически вычисленному, называется выходом металла по току, или, коротко, выходом по току:

$$\frac{g_n}{g} = \alpha \text{ и } g_n = c \cdot I \cdot \tau \cdot \alpha.$$

Выход по току выражается в долях единицы или в процентах.

КАТОДНАЯ И АНОДНАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ

Приведенная на рис. 2 схема электролиза железа дает лишь общее представление о процессе. В действительности же на аноде и катоде протекают более сложные электрохимические процессы. На качество электролитических покрытий наибольшее влияние оказывает поляризация электродов и перенапряжение водорода.

Известно, что в соответствующем растворителе, например в растворе кислоты, металл переходит в раствор, образуя в нем положительно заряженные ионы — катионы. Металл переходит в раствор аналогично тому, как растворяются кристаллы солей в воде.

Если бы при растворении металл посылал в раствор незаряженные молекулы, то растворение продолжалось бы до насыщения растворителя. Наличие у ионов металла электрических зарядов изменяет эту картину. Переходя в раствор, каждый положительно заряженный ион оставляет в металле отрицательный заряд в виде избыточных электронов, которые заряжают металл отрицательно. Такая поверхность притягивает положительно заряженные ионы, перешедшие в раствор, и не дает им свободно распространяться в электролите. Вследствие электростатического притяжения между катионами в растворе и избыточными электронами на поверхности металла на границе металла с раствором возникает двойной электрический слой (рис. 3 а).

Двойной электрический слой подобен конденсатору, одна из обкладок которого представляет поверхность металла, а другая — слой катионов в растворе у поверхности металла. Между разноименно заряженными обкладками и возникает разность, или скачок, потенциала.

Имеются металлы, которые при погружении в раствор не отдают в него катионы. В этом случае в растворе у поверхности металла появляется избыток анионов, а поверхность металла заряжается положительно: возникает двойной электрический слой с противоположным расположением зарядов (рис. 3 б).

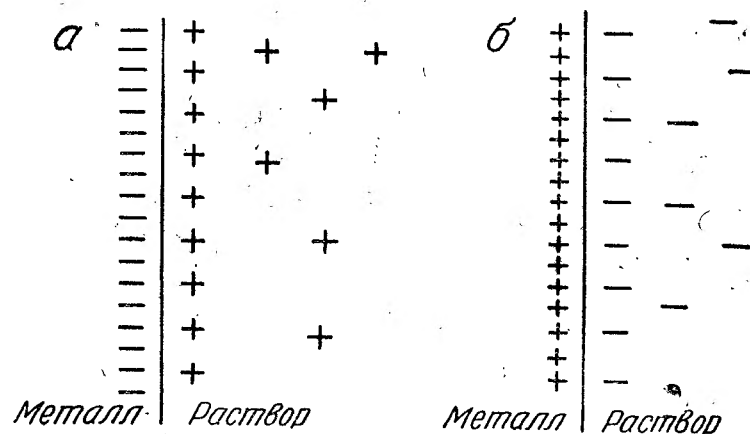


Рис. 3. Двойной электрический слой:
 а — металл заряжен отрицательно; б — металл заряжен положительно.

Разность потенциалов, возникающая между металлом и раствором его соли (потенциал металла), определяет количественно стремление металла посылать в раствор свои ионы, или, что то же самое, является мерой его способности отдавать электроны. Эта разность потенциалов φ определяется уравнением Нернста (для 18°):

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{0,058}{n} \lg c,$$

где φ_0 — нормальный потенциал электрода;

n — валентность ионов металла в растворе;

c — концентрация ионов металла в растворе.

Из этого уравнения следует, что скачок потенциала зависит от химической природы металла (величины нор-

мального потенциала и концентрации его ионов в растворе).

Нормальным потенциалом металлического электрода называется потенциал металла, опущенного в раствор его соли, имеющий концентрацию ионов этого металла, равную 1 г-ион на 1 л раствора.

Потенциал электрода невозможно измерить непосредственно, так как для этого надо создать замкнутую электрическую цепь, включив в нее вольтметр, и погрузить в раствор металлический проводник. Но тогда напряжение, указываемое вольтметром, будет зависеть от разности потенциалов между изучаемым электродом и раствором его соли и разности потенциалов между металлическим проводником и тем же раствором. Однако можно узнать, насколько потенциал изучаемого электрода отличается от потенциала другого, выбранного в качестве стандартного. Для этого надо опустить оба электрода в раствор солей.

В качестве стандартного электрода, с потенциалом которого сравнивают потенциалы других металлов, принят так называемый нормальный водородный электрод. Он представляет собой платиновую пластинку, покрытую губчатым рыхлым слоем платины и погруженную в нормальный раствор серной кислоты. Через раствор непрерывно пропускают струю чистого водорода, который, соприкасаясь с пластинкой, поглощается (адсорбируется) ею. Поглощенный водород стремится посылать свои ионы в раствор, и поэтому насыщенная водородом платиновая пластинка ведет себя так, как если бы она была сделана из водорода.

Нормальные потенциалы различных элементов, измеренные по нормальному водородному электроду и расположенные в порядке возрастания их величины, образуют электрохимический ряд напряжений (табл. 1). При этом нормальный потенциал водорода условно принимают равным нулю.

Нормальные потенциалы металлов, стоящих в ряду напряжений выше водорода (благородные, или электроотрицательные металлы), пишутся со знаком минус, а стоящие ниже (благородные, или электроположительные) — со знаком плюс.

Электрохимический ряд напряжений имеет большое значение в теории и практике электролиза металлов. Ме-

Электрохимический ряд напряжений

Таблица 1

Металл	Реакция образования катионов	Нормальный потенциал, в
Литий	$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + e$	—3,02
Калий	$\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + e$	—2,922
Кальций	$\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2e$	—2,87
Натрий	$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$	—2,712
Магний	$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$	—2,34
Алюминий	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$	—1,67
Марганец	$\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2e$	—1,05
Цинк	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	—0,762
Хром	$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{2+} + 2e$	—0,71
Железо	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$	—0,441
Кадмий	$\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2e$	—0,402
Кобальт	$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2e$	—0,277
Никель	$\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e$	—0,25
Олово	$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e$	—0,136
Свинец	$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e$	—0,126
Железо	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e$	—0,036
Водород	$\text{H} \rightarrow \text{H}^+ + e$	0,000
Медь	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$	+0,345
Медь	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{3+} + 3e$	+0,522
Ртуть	$\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2e$	+0,7986
Серебро	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e$	+0,7995
Золото	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e$	+1,42
Золото	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^+ + e$	+1,68

талл, расположенный в ряду напряжений до водорода (более электроотрицательный), вытесняет из раствора металл, находящийся ниже водорода (более электроположительный). Например, при погружении железной пластинки в раствор медного купороса железо растворяется и вытесняет из раствора медь, которая осаждается на пластинке.

Электролитическое выделение металла на катоде начинается тогда, когда к металлическому электроду (изделию), погруженному в раствор соли, будет приложен от постороннего источника тока потенциал более электроотрицательный, чем его собственный — равновесный. Этот приложенный потенциал, преодолевая естественное стремление металла переходить в раствор, обуславливает процесс осаждения металла на катоде.

Таким образом, для начала электролиза необходимо приложить к электродам некоторую электродвижущую силу.

Равновесным потенциалом, или потенциалом равновесия, называется минимальный потенциал разряда иона на катоде, необходимый для преодоления стремления металла посылать в раствор свои ионы.

Истинный потенциал разряда ионов превышает минимальный на некоторую величину. Разность между потенциалом выделения металла на катоде при электролизе и потенциалом этого металла в случае отсутствия тока (потенциал равновесия) называется катодной поляризацией.

Величина поляризации определяется различными затруднениями, которые возникают в процессе электролиза.

В зависимости от причин, вызывающих поляризацию, различают два ее вида: концентрационную, или диффузную, и химическую.

Концентрационная поляризация возникает в результате обеднения прикатодного слоя катионами выделяющегося металла.

Чем выше плотность тока, тем интенсивнее протекает процесс разряда ионов, тем резче изменяется концентрация ионов у электродов и тем сильнее изменяется электродный потенциал, как это следует из уравнения Нернста (см. выше).

Пополнение прикатодного слоя ионами металла проис-

ходит путем диффузии, конвекции и миграции. В процессе диффузии ионы перемещаются в растворе под влиянием разности концентрации от участков с большей концентрацией к участкам с меньшей концентрацией. Конвекция — перемещение ионов под влиянием разности температур в различных слоях раствора. В процессе миграции ионы перемещаются под воздействием сил электростатического притяжения заряженных частиц (ионов) к электрическим полюсам (электродам) ванны.

С повышением температуры электролита указанные процессы активизируются, следовательно, концентрационная поляризация уменьшается.

Концентрационная поляризация может быть иногда почти полностью устранена:

- 1) тщательным перемешиванием электролита,
- 2) повышением температуры электролита,
- 3) увеличением концентрации соли металла.

Однако при некоторых электролитических процессах (например, при электроосаждении железа) с повышением плотности тока поляризация увеличивается, даже несмотря на сильное перемешивание. Такая поляризация называется химической. Она связана с сопротивлениями, возникающими при протекании химических реакций в процессе электролиза.

Суммарная поляризация катода складывается из концентрационной и химической и называется катодной поляризацией.

Анодная поляризация также складывается из концентрационной и химической поляризации.

Реальная величина потребного для электролиза напряжения электрического тока определяется путем построения поляризационных кривых для анода и катода (рис. 4). Равновесный потенциал при отсутствии тока

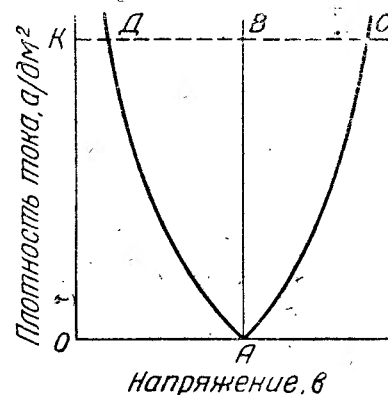


Рис. 4. Поляризация электродов.

изображается отрезком OA , поляризация катода при плотности тока OK — отрезком BC , а поляризация анода — отрезком DB . Если бы поляризация отсутствовала, то есть разряд ионов не встречал бы сопротивлений, то с изменением плотности тока напряжение не изменялось бы. В этом случае поляризационная кривая превратилась бы в прямую линию AB . Таким образом, крутой подъем поляризационной кривой показывает, что процесс электролиза идет без помех. При наличии сопротивлений кривая становится более пологой.

Катодная поляризация является одним из существенных показателей характера катодного процесса при электролитическом осаждении металлов. Структура электролитических осадков — величина, форма и ориентировка кристаллов — очень часто определяется величиной и степенью изменения катодной поляризации с изменением плотности тока. Чем больше поляризация катодов, тем больше вероятность возникновения на энергетически менее активных участках их поверхности новых кристаллических зародышей. Увеличение же числа кристаллических зародышей приводит к образованию мелкокристаллической структуры катодных осадков.

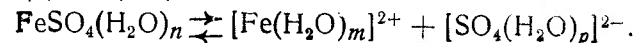
КАТОДНЫЙ ПРОЦЕСС ОСАЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

При электролитическом осаждении железа на катоде из водных растворов простых солей (сернокислых, хлористых) обнаруживается весьма значительная катодная поляризация, резко уменьшающаяся при повышении температуры (рис. 5).

Высокая поляризация является следствием большой энергии активации, необходимой для разряда ионов; скорость электрохимической реакции при этом падает. Причины высокой поляризации железа (и Co и Ni), а также причины образования плотных, твердых, мелкокристаллических осадков до настоящего времени исследуются многими учеными.

Достаточно широко распространено утверждение о том, что повышенная поляризация при электролизе железа связана с гидратацией ионов железа в растворе. При этом ионы железа, прежде чем занять свое место в кристаллической решетке, участвуют в ряде последовательных процессов.

1. Диссоциация:



2. Перемещение гидратированного иона к катоду.

3. Освобождение ионов металла от гидратной оболочки:

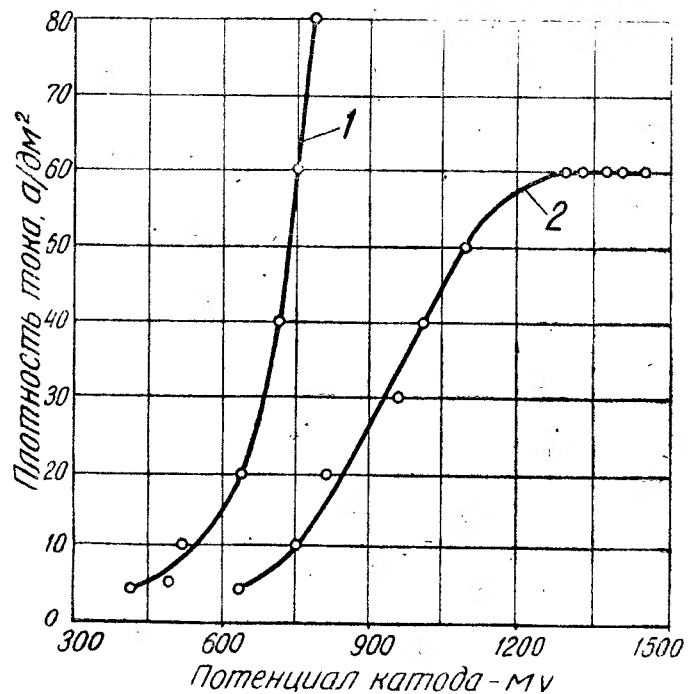
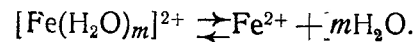
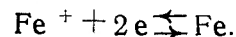


Рис. 5. Влияние плотности тока на катодную поляризацию при осаждении железа из хлористого электролита (200 г/л $FeCl_2 \cdot 4H_2O + 0,6$ г/л HCl) (из опытов Н. Е. Ключкина): 1—80°, 2—60°.

4. Разряд ионов металла на катоде:



5. Включение образовавшихся атомов в кристаллическую решетку.

Указанные процессы протекают с различной скоростью. Скорость же осаждения металла определяется наиболее медленным из них.

Процесс 4 — электронный — протекает с наибольшей скоростью. Процессы 1, 2, 3, восстанавливающие концентрацию ионов в прикатодном слое, имеют химический характер и протекают со скоростью, значительно меньшей, чем скорость электронного процесса. В результате концентрация ионов металла в прикатодном слое уменьшается, и возникают дополнительные сопротивления процессу электролиза, характеризующие химическую поляризацию.

Перенапряжение водорода. Осаждение железа на катоде осложняется присутствием в водных растворах ионов водорода, способных разряжаться.

Как известно, если на катоде одновременно протекает несколько процессов, то преимущественное развитие получает процесс, потенциал которого является наименее электроотрицательным.

Равновесный потенциал железа в однонормальных растворах его соли отрицательнее потенциала водорода в нейтральном растворе ($-0,415$ в). Поэтому железо, имея более отрицательный потенциал, не должно было бы осаждаться на катоде даже из нейтральных растворов. Однако благодаря явлению перенапряжения водорода осаждение железа на катоде происходит сравнительно легко.

Опытами установлено, что потенциал выделения водорода на различных металлах при одной и той же концентрации его ионов в растворе, при одинаковой плотности тока и температуре оказывается неодинаковым. Он зависит от характера поверхности металла и его физического состояния.

Наименьший потенциал выделения водорода — на губчатой платине. На всех других металлах и даже на гладкой платине он будет более электроотрицательным.

Разность между потенциалом выделения водорода на любом металле и равновесным потенциалом выделения его на губчатой платине из растворов с одинаковой концентрацией ионов водорода при одинаковой температуре и плотности тока называется перенапряжением водорода.

Обозначая перенапряжение через η_{H+} , будем иметь (рис. 6):

$$l = -\eta_{H+} + l_0'' + \varphi,$$

где l — потенциал выделения водорода на данном металле в данных условиях;

$l_0'' = 0,000$ — нормальный потенциал водородного электрода;

$\varphi = \frac{0,058}{n} \lg c$ — равновесный потенциал выделения водорода на губчатой платине.

Величина перенапряжения водорода зависит от ряда факторов:

1) природы металла и характера его поверхности (чистая поверхность — выше перенапряжение);

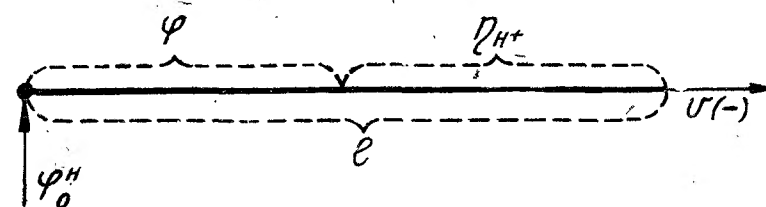


Рис. 6. Потенциал выделения и перенапряжение водорода.

2) температуры электролита (с увеличением температуры перенапряжение падает);

3) плотности тока (с увеличением плотности тока перенапряжение растет).

Явление перенапряжения водорода имеет большое значение при электролизе металлов. Оно смещает потенциал выделения водорода в более отрицательную сторону, и благодаря этому становится возможным выделение на катоде металлов, которые в ряду напряжений стоят выше водорода (Cr, Fe, Co, Ni и др.).

Выделение водорода на катоде следует рассматривать как отрицательное явление, так как оно снижает выход металла по току.

Количественное соотношение выделяющихся на катоде металла и водорода зависит от конкретных условий электролиза.

АНОДНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ОСАЖДЕНИИ ЖЕЛЕЗА

При электролитическом осаждении железа с применением растворимых анодов анодный процесс протекает с образованием двухвалентных (Fe^{2+}) и трехвалент-

ных (Fe^{3+}) ионов железа. На аноде, таким образом, могут одновременно происходить три процесса окисления:

- 1) $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, $\varphi_1 = -0,441$ в;
- 2) $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\varphi_2 = -0,771$ в;
- 3) $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\varphi_3 = -0,036$ в.

Зная величины равновесных стандартных потенциалов φ_1 , φ_2 и φ_3 этих процессов, можно легко определить работу, которую требуется затратить для перевода 1 г атома железа в каждое из этих состояний:

- 1) $A_1 = -\varphi_1 z F = -\varphi_1 2 F_{дж}$,
- 2) $A_2 = -\varphi_2 z F = -\varphi_2 F_{дж}$,
- 3) $A_3 = -\varphi_3 z F = -\varphi_3 3 F_{дж}$,

где F — число Фарадея.

Здесь работа везде выражена в джоулях и представляет произведение потенциала в вольтах на количество электричества в кулонах.

Очевидно, что сумма работ 1 и 2 должна быть равна работе 3, так как процессы 1 и 2 в сумме осуществляют процесс 3.

Из выражения $A_1 + A_2 = A_3$ следует, что

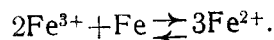
$$\varphi_3 3F = \varphi_2 F + \varphi_1 2F,$$

откуда

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_2 F + \varphi_1 2F}{3F} = \frac{\varphi_2 + 2\varphi_1}{3}.$$

Потенциал процесса $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ является наиболее электроотрицательным. Следовательно, для низшей степени окисления на аноде требуется наименьшая затрата энергии, и в раствор переходят ионы низшей валентности, то есть ионы Fe^{2+} . При увеличении концентрации последних потенциал φ_1 будет становиться все более положительным и постепенно приближаться к потенциалу φ_2 , и при равенстве $\varphi_1 = \varphi_2$ в раствор начнут переходить также ионы высшей валентности, то есть ионы Fe^{3+} .

Отсюда также следует, что ион Fe^{3+} не будет устойчивым в присутствии железного электрода, а будет реагировать с ним, образуя наиболее устойчивую степень окисления в данной системе:



Реакция будет продолжаться, пока не наступит равновесие, при котором $\varphi_1 = \varphi_2$.

Но так как $\varphi = \frac{\varphi_2 + 2\varphi_1}{3}$, то $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$.

Потенциал стального анода при электролизе с растворимыми анодами становится более электроположительным. Это изменение связано с повышением концентрации ионов железа в слое электролита, прилегающем к аноду. Здесь также возникает поляризация. Причина анодной поляризации заключается в том, что образование свободного катиона происходит мгновенно, тогда как переход иона из кристаллической решетки в раствор и образование из простого иона сложного гидратированного протекают значительно медленнее.

Процесс анодного растворения металла осложняется тем, что материал анода в отдельных местах обладает различными физико-химическими свойствами. Это влияет на свободную энергию отдельных частей анода и, следовательно, на скорость их растворения. В процессе электролиза растворение быстрее идет на участках с более высоким запасом свободной энергии.

Анодный процесс еще более усложняется при оставлении вследствие того, что сталь, применяемая для изготовления анодов, является сложным по составу и структуре сплавом (механическая смесь кристаллов, твердый раствор или химическое соединение). Поведение сплава при анодном растворении определяется его потенциалом, который зависит от природы сплава. Так, потенциал сплава — смеси определяется потенциалом электроотрицательного компонента до тех пор, пока на поверхности сплава, то есть в соприкосновении с электролитом, находится этот компонент хотя бы в минимальном количестве.

В процессе растворения анода решающее значение имеет потенциал его поверхности, непосредственно соприкасающейся с электролитом. Так растворение стальных анодов затрудняется накоплением на поверхности труднорастворимых или нерастворимых веществ, например углерода.

Такая сложность процесса растворения стальных анодов является причиной того, что когда осаждают на катоде сплав (Fe , Ni), то легирующую добавку (например, Ni) вносят непосредственно в раствор.

Глава II

ХЛОРИСТЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ОСТАЛИВАНИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОЛИТОВ

При промышленном освоении процесса осталивания важным моментом является выбор электролита.

В условиях ремонтных предприятий к электролитам должны быть предъявлены следующие требования:

1) электролит должен обеспечивать возможность получения на деталях толстых покрытий с высокими механическими свойствами;

2) свойства получаемых покрытий должны находиться в строгом соответствии с заданными режимами электролиза и регулироваться этими режимами в широких пределах;

3) процесс получения покрытий должен быть максимально производительным;

4) электролит должен быть простым по составу и надежным в эксплуатации;

5) применяемые для приготовления электролита материалы должны быть дешевыми и недефицитными;

6) способы контроля и корректировки электролита должны быть просты и доступны ремонтным предприятиям и ремонтным цехам.

В практике электроосаждения железа применялись два вида электролитов: холодные и горячие.

В холодных электролитах процесс ведется без нагрева. Существенным недостатком применявшихся ранее

электролитов являлась малая плотность тока ($0,1 - 1,0 \text{ а/дм}^2$). Так как скорость осаждения железа при таких низких плотностях тока очень мала, то холодные электролиты не были использованы для целей наращивания изношенных деталей машин.

За последние годы в различных институтах и на различных заводах проводились экспериментальные работы по повышению производительности процесса осаждения железа из холодных электролитов. В ряде работ получены обнадеживающие результаты.

Горячие железные электролиты стали применяться позднее. Они так же, как и холодные, по химическому составу применяемой соли железа разделяются на сернокислые и хлористые. Для приготовления сернокислых электролитов используется сернокислое закисное железо — сульфат железа, называемый железным купоросом $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Электролиты второй группы состоят из хлористого железа $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Из многочисленных опытных данных известно, что хлористые электролиты значительно превосходят сернокислые в отношении производительности и устойчивости процесса, толщины и гладкости получаемых покрытий. Поэтому в ремонтных заводах и цехах в настоящее время применяются только хлористые электролиты.

По концентрации соли железа в электролите различают 3 типа электролитов:

I тип — высококонцентрированные ($600-680 \text{ г/л}$ хлористого железа);

II тип — среднеконцентрированные ($400-450 \text{ г/л}$ хлористого железа);

III тип — малоконцентрированные ($200-220 \text{ г/л}$ хлористого железа).

Наиболее пригодным для получения твердых покрытий и в то же время простым по составу и надежным в работе является малоконцентрированный электролит (III тип), выдержавший длительную проверку на ряде заводов.

Состав электролита: хлористое железо 200 г/л
соляная кислота $0,6-0,8 \text{ г/л}$

Режим электролиза: температура $60-80^\circ$
плотность тока 20 а/дм^2

Этот электролит обеспечивает получение плотных мелкозернистых осадков с высокими механическими

свойствами. Скорость осаждения железа при этом достигает 0,4—0,5 мм на сторону в час, что в 15—20 раз превышает скорость осаждения хрома.

Опыты, проведенные в Саратовском политехническом институте, показали, что электроосаждение железа в горячих хлористых электролитах характеризуется высоким выходом по току. Применяемые на практике плотность тока (20—100 а/дм^2), температура (60—80°) и кислотность электролита (0,5—1,0 г/л HCl) позволяют получить выход железа не ниже 86%.

Выход железа по току увеличивается с ростом плотности тока. Однако наблюдаемое в опытах колебание выхода железа не превышает 1,5—2,0% при изменении плотности тока в широких пределах (от 20 до 100 а/дм^2), что позволяет с большой точностью определять длительность процесса наращивания деталей.

Понижение температуры от 80 до 60° сопровождается повышением выхода железа по току на 2,5—4,0% при кислотности электролита 0,5 г/л HCl и на 1—1,5% при кислотности 1,0 г/л HCl .

При повышении кислотности от 0,5 до 1,0 г/л HCl выход железа снижается на 5—8% при температуре электролита 80° и на 4—5% при 60°.

Осаждение железа при пониженных плотностях тока (5—10 а/дм^2) характеризуется значительным снижением выхода железа.

В электролите можно получать гладкие, плотные и прочные осадки толщиной до 0,8—1,2 мм. Возникающие в процессе осталивания шероховатости поверхности и рост дендритов на острых краях деталей ограничивают получение более толстых осадков.

Простые хлористые электролиты допускают в работе значительное колебание кислотности (0,4—1,5 г/л HCl), но эти колебания почти не отражаются на свойствах покрытий. Поэтому в цеховых условиях их можно не принимать во внимание. Это обстоятельство значительно облегчает текущее обслуживание ванны осталивания и исключает брак при колебаниях кислотности.

Процесс осаждения железа в хлористых электролитах осуществляется с применением растворимых анодов, изготавливаемых из малоуглеродистой стали. При такой схеме процесса скорость растворения анодов больше скорости осаждения металла на катоде (на детали), и тем

больше, чем меньше плотность тока. Так, при 40 а/дм^2 разность между анодным и катодным выходами по току достигает 20%. При плотностях тока 5—10 а/дм^2 скорость растворения анодов в 2—2,5 раза больше скорости осаждения металла на катоде.

Несоответствие между скоростью растворения анодов и скоростью осаждения железа на катоде является причиной постепенного накопления железа в электролите и нарушения заданной его концентрации. Однако это увеличение концентрации хлористого железа компенсируется потерями электролита во время работы ванны осталивания (фильтрование электролита, унос в вентиляцию и вынос с деталями, анодами и анодными чехлами). Длительные наблюдения за работой промышленных ванн осталивания на заводах показывают, что при двухсменной работе увеличение концентрации хлористого железа в электролите за месяц составляет примерно 8—10 г/л .

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

Для приготовления электролита применяется хлористое железо и соляная кислота.

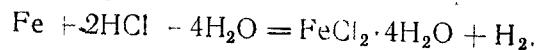
Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4149—48), являющееся основным элементом для приготовления электролита, представляет собой голубоватые гигроскопические кристаллы (уд. вес 1,937), легко окисляющиеся на воздухе.

Кислота соляная (хлористо-водородная) HCl — бесцветный газ с острым запахом, применяется в виде водного раствора различной концентрации (уд. вес от 1,14 до 1,20). Содержание HCl в этом растворе соответственно изменяется от 26,66 до 39,11%. Для приготовления и корректировки хлористого электролита используют как химически чистую кислоту (ГОСТ 3118—46), так и техническую соляную кислоту (ГОСТ 857—57). При использовании соляной кислоты для приготовления и корректировки электролита необходимо иметь в виду, что не всякий сорт соляной кислоты, применяемой в промышленности, пригоден для осталивания. Так, следует запретить применять на участке осталивания ингибированную кислоту, в которую с целью придания антикоррозионных свойств вводят ингибитор ПБ-5 и соль мышья-

яка. Цвет кислоты — светло-коричневый (ТУ МХП 3354—52).

Указанные ингибированные кислоты применяются на металлообрабатывающих заводах для более равномерного травления черных металлов.

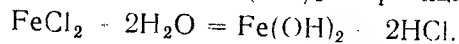
В производственных условиях из-за дефицитности и быстрой окисляемости кристаллического хлористого железа электролит готовится травлением (до насыщения) в соляной кислоте стружек из малоуглеродистой стали. Реакция травления стружек в разбавленной кислоте с образованием в растворе хлористого железа протекает следующим образом:



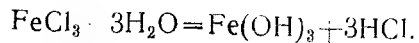
Вода для приготовления электролита применяется дистиллированная или очищенная кипячением или каким-либо другим способом.

Помимо хлористого железа, в электролите должна быть соляная кислота в количестве 0,6—0,8 г/л. Присутствие в электролите избытков ионов H^+ (избытка соляной кислоты) необходимо для предупреждения образования гидроокиси, которая загрязняет электролит и, попав в осадок, снижает его качество.

При кислотности электролита $\text{pH}=1,5$ в электролите образуется закись железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$ по реакции:



При еще более низкой кислотности $\text{pH}=6,3$ в электролите образуется окись железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ по реакции:



В электролите в результате его окисления кислородом воздуха всегда имеется некоторое количество трехвалентного железа Fe^{3+} (не более 5 г/л). При избыточном накоплении в ванне трехвалентного железа электролит принимает желтоватую окраску.

Принимая во внимание атомные веса элементов, участвующих в реакции, и то, что выпускаемая промышленностью соляная кислота является раствором газа HCl в воде, количество потребных материалов для приготовления одного литра электролита с содержанием K граммов хлористого железа определяется следующим образом:

$$\text{стружки } X_1 = 0,281 \cdot K, \\ \text{соляной кислоты } X_2 = \frac{36,7 \cdot K}{a}.$$

Здесь a — процентное содержание (по весу) HCl в кислоте, применяемой для травления.

Количество материалов, необходимое для приготовления электролитов различной концентрации и рассчитанное по указанным формулам, приведено в табл. 2.

Таблица 2

Количество материалов, необходимое для приготовления хлористых электролитов

Концентрация $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, г/л	железа	Потребное количество, г/л						
		соляной кислоты удельного веса						
		1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
		Количество HCl в кислоте, %						
		27,66	29,57	31,52	33,46	35,39	37,23	39,11
200	56,2	266	248	232	220	208	196	188
300	84,3	399	372	348	330	312	294	282
400	112,4	532	496	464	440	416	392	376
500	140,5	665	620	580	550	520	490	470
600	168,6	798	744	696	660	624	588	554
700	196,7	931	868	812	770	728	686	658

Порядок приготовления электролита рекомендуется следующий:

1. Отобрать стружку малоуглеродистой стали (сталь 2, 10 или 20) на 10—20% больше, чем это необходимо по расчету (для компенсации потерь при травлении). Стружка должна быть чистой, без ржавчины и окалины.

2. Обезжирить стружку в 10%-ном растворе каустической соды при температуре 60—70° и промыть после горячей водой (80—90°). Длительность обезжиривания 30 мин.

3. Залить в ванну осталивания (или другую кислотоустойчивую емкость) соляную кислоту, разбавить ее водой (50% от объема кислоты), включить вентиляцию и подогреть раствор до температуры не более 30—40°. Количество кислоты следует брать на 10—15% больше расчетного для компенсации потерь при травлении (унос с испарениями вентиляцией). Объем ванны, в которой

производится травление, не следует заполнять водой и кислотой более чем на $\frac{2}{3}$ во избежание переливания жидкости через край ванны во время травления.

4. Загрузить в раствор кислоты приготовленную стружку в несколько приемов и травить до прекращения выделения пузырьков водорода. В конце травления в ванне должен быть избыток стружки, чтобы избежать недотравливания кислоты.

5. Перекачать электролит в отстойный бак на 12—18 час. для отстаивания и добавить небольшое количество соляной кислоты (0,2—0,3 г/л).

6. Перелить электролит из отстойного бака через фильтр в ванну осталивания, долить водой до заданного уровня, проверить ареометром удельный вес и в случае необходимости откорректировать содержание железа в электролите.

7. Проверить химанализом кислотность электролита (содержание HCl в г/л) и в случае необходимости откорректировать ее.

КОНТРОЛЬ И КОРРЕКТИРОВКА СОДЕРЖАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ ЖЕЛЕЗА

Текущий контроль содержания железа в электролите в цеховых условиях производят по удельному весу с помощью ареометра. Удельный вес электролита следует проверять ежедневно перед началом работы. Пробу электролита для замера (в стеклянном цилиндре) необходимо брать после приведения уровня ванны к заданному (до метки) при комнатной температуре, то есть до включения нагревательного устройства и после тщательного перемешивания.

Содержание хлористого железа в простых (без добавок) электролитах по удельному весу можно определить, пользуясь табл. 3.

Как показывают приведенные в таблице данные, изменение удельного веса электролита на 0,01 соответствует уменьшению или увеличению хлористого железа в ванне на 17—18 г/л.

При избытке железа в электролите следует отлить часть электролита в запасную емкость и выровнять плотность добавлением воды.

Таблица 3

Удельный вес растворов $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (при 15,5°)

Удельный вес	Содержание $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, г/л	Удельный вес	Содержание $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, г/л
1,01	18	1,21	365
1,02	36	1,22	382
1,03	54	1,23	399
1,04	72	1,24	416
1,05	89	1,25	433
1,06	106	1,26	450
1,07	124	1,27	466
1,08	141	1,28	483
1,09	158	1,29	500
1,10	176	1,30	516
1,11	194	1,31	533
1,12	212	1,32	550
1,13	230	1,33	567
1,14	247	1,34	583
1,15	264	1,35	600
1,16	282	1,36	617
1,17	300	1,37	634
1,18	316	1,38	650
1,19	332	1,39	668
1,20	348	1,40	686

При недостатке хлористого железа корректирование электролита производят путем загрузки в горячий электролит чистой стружки из малоуглеродистой стали. В электролит предварительно добавляют 20—21 г/л соляной кислоты (уд. веса 1,14) на каждые 0,01 отклонения удельного веса электролита от заданного. Так, если замеренная плотность электролита равна 1,10, а заданная 1,12, то в электролит следует добавить 40—42 г/л HCl (уд. вес 1,14). Для предупреждения загрязнения электролита стружку рекомендуется помещать в мешки из стеклянной, шерстяной или асбестовой ткани.

Пополнение ванны железом можно осуществить путем проработки электролита током. Проработку ведут при увеличенной площади анодов (площадь анодов в 8—10 раз больше площади катодов) и при высокой кислотности электролита (8—10 г/л HCl). В качестве анодов и катодов берут стержни или пластины из малоуглеродистой стали. Аноды помещают в чехлы из стеклянной, шерстяной или асбестовой ткани.

Свежеприготовленный электролит при нормальной кислотности 0,6—0,8 г/л HCl имеет светло-зеленый цвет,

похожий на цвет свежескошенной травы. Неработающий электролит при длительном стоянии на воздухе окисляется и желтеет вследствие образования в нем трехвалентного железа (Fe^{3+}). Осадки железа в таком электролите получаются некачественные. Исправление окисленного электролита производится путем проработки током, как было выше указано. При пропускании через электролит постоянного электрического тока трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, и электролит принимает нормальную окраску.

Следует отметить, что при длительном остывании деталей в хлористом электролите, не содержащем добавок, в нем за счет растворения стальных анодов накапливается до 3,0 г/л Mn, или в пересчете на хлористый марганец до 10 г/л $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. В дальнейшем это содержание хлористого марганца в электролите сохраняется без изменения. Анализ осадка, полученного в электролите с добавкой 10—100 г/л хлористого марганца, показывает, что марганец совместно с железом на катоде не осаждается, так как потенциал выделения марганца является более электроотрицательным по сравнению с потенциалом выделения железа. В простых хлористых электролитах гладкие покрытия можно получить толщиной до 1,0—1,2 мм. Введение в электролит до 100 г/л хлористого марганца уменьшает шероховатость осадков и позволяет получить гладкие покрытия толщиной до 1,5—1,8 мм. При этом выход металла по току не снижается, а твердость покрытий несколько увеличивается (на 60—80 единиц при плотности тока в 40 а/дм²).

Хлористый марганец $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ добавляется в электролит в виде кристаллической соли (ГОСТ 612—41) красноватого оттенка удельного веса 1,913.

В электролите с добавкой хлористого марганца определение состава электролита по удельному весу затруднено и содержание железа и других компонентов проверяется химанализом.

ХИМАНализ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Состав электролита периодически проверяют химическим анализом на содержание в нем двухвалентного (закисного) железа Fe^{2+} , трехвалентного (окисного) железа Fe^{3+} , соляной кислоты HCl и марганца Mn^{2+} .

Анализ на содержание железа проводится в следующей последовательности: сначала определяют содержание закисного железа, затем общее содержание железа, а потом по разности результатов определяют содержание окисного железа.

Определение закисного железа в электролите основано на окислении закисного железа двуххромовокислым калием в присутствии дифениламина как индикатора.

Реакция окисления $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ протекает так:
 $6\text{FeCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl} = 6\text{FeCl}_3 + 2\text{KCl} + 2\text{CrCl}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$.

Для проведения этого анализа необходимы следующие реактивы:

1. 0,1 N раствор двуххромовокислого калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Обычно предпочитают пользоваться фиксоналом. При отсутствии готового фиксонала готовят титрованный раствор двуххромовокислого калия. 4,3916 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, очищенного двойной кристаллизацией и высушенного в течение 2—3 час. при 150—160°, растворяют в литровой колбе в 500 мл дистиллированной воды. После растворения всех кристаллов раствор разбавляют дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают. 1 мл такого раствора соответствует 0,005 г Fe.

Титр раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ необходимо проверить по химически чистому железу. Определение титра производится так же, как и определение железа.

2. Однопроцентный раствор дифениламина $\text{C}_6\text{H}_5\text{NC}_6\text{H}_5$. 1 г дифениламина растворяют при постоянном помешивании стеклянной палочкой в 100 мл H_2SO_4 (уд. вес 1,84).

3. Фосфорная кислота H_3PO_4 (уд. вес 1,69).
 Выполнение анализа. Отбирают в мерную колбу емкостью 100 мл пробу испытуемого электролита в количестве 10 мл, доливают водой до метки и тщательно перемешивают. Для анализа берут 10 мл разбавленного электролита в коническую колбу емкостью 250 мл, добавляют 50 мл воды, 10 мл H_3PO_4 (уд. вес 1,69) и 2—3 капли раствора дифениламина и титруют 0,1 N раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ до появления синего окрашивания.

Содержание $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в электролите (А) определяют из уравнения:

$$A = \frac{a T_{\text{Fe}^{3+}} \times 1000}{B} \text{ г/л.}$$

где a — количество раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, израсходованного на титрование железа, мл;

T_{Fe} — титр раствора двуххромовокислого калия по железу, *мл*;

B — количество раствора, взятого для титрования, *мл*;

3,56 — коэффициент пересчета с двухвалентного железа Fe^{2+} на хлористое железо $FeCl_2 \cdot 4H_2O$.

Закисное железо может быть определено и другим методом — титрованием пробы электролита перманганатом в присутствии смеси Рейнгардта.

Для анализа необходимы следующие реактивы:

1. Смесь Рейнгардта.

Растворяют 67 г кристаллического сернокислого марганца в 500—600 *мл* дистиллированной воды, прибавляют 138 *мл* фосфорной кислоты H_3PO_4 (уд. вес 1,69) и 130 *мл* серной кислоты H_2SO_4 (уд. вес 1,82) и разбавляют водой до 1 л.

2. Децинормальный раствор перманганата $KMnO_4$.

3,2 г перманганата растворяют в теплой дистиллированной воде до получения 1 л раствора. Титр раствора устанавливают по щавелевокислоте натрию $Na_2C_2O_4$.

0,2 г $Na_2C_2O_4$ растворяют в 150—200 *мл* дистиллированной воды, прибавляют 10 *мл* H_2SO_4 (уд. вес 1,82), нагревают до 70—80° и титруют перманганатом до розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Титр перманганата, выраженный в граммах железа, определяют по формуле:

$$T = \frac{0,8337a}{B},$$

где 0,8337 — коэффициент пересчета с титра $Na_2C_2O_4$ к титру Fe ;

a — навеска $Na_2C_2O_4$, г;

B — количество раствора $KMnO_4$, пошедшего на титрование, *мл*.

Титрование выполняется так: 1—2 *мл* профильтрованного железного электролита, взятого микробюреткой и помещенного в колбу емкостью 350—400 *мл*, разбавляют 25 *мл* смеси Рейнгардта, нагревают до 70—80° и титруют 0,1 *N* $KMnO_4$ до розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Количество двухвалентного железа определяют по формуле:

$$Fe^{2+} = \frac{aT_{Fe}1000}{B} \text{ г/л,}$$

где a — количество 0,1 *N* раствора $KMnO_4$, пошедшего на титрование, *мл*;

T_{Fe} — титр $KMnO_4$, выраженный по железу;

B — количество электролита, взятого для титрования, *мл*.

Опыт лаборатории Саратовского политехнического института показал преимущество первого метода определения закисного железа. Раствор $KMnO_4$ окисляется на воздухе значительно быстрее раствора $K_2Cr_2O_7$. Кроме того, при титровании пробы электролита раствором $K_2Cr_2O_7$ легче определяется точка перехода окраски индикатора.

Определение общего содержания железа. Общий ход анализа электролита по определению общего содержания железа состоит в следующем: имеющееся в электролите окисное железо переводится (восстанавливается) в закисное, после этого все железо, находящееся в электролите, теперь уже только в закисной форме, окисляется двуххромовокислым калием, как было указано выше. Окисное железо определяется по разности общего содержания железа и закисного.

В гальванических цехах и лабораториях, занимающихся осталиванием, применяются три метода восстановления окисного железа:

- 1) гранулированным свинцом,
- 2) порошкообразным цинком,
- 3) электролитическим кадмием.

В зависимости от применяемого метода восстановления окисного железа различают три метода определения общего содержания железа в электролите.

Определение общего содержания железа методом восстановления гранулированным свинцом. Для восстановления необходимы следующие реактивы:

- 1) 10%-ный раствор сернокислой меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$,
- 2) металлический мелкогранулированный свинец «чистый для анализа».

Выполнение анализа. Профильтрованный раствор электролита, взятый микробюреткой, в количестве 1—2 *мл* помещают в колбу емкостью 500 *мл*, прибавляют металлический мелкогранулированный свинец до полного покрытия им дна колбы, наливают 2 *мл* сернокислой меди, покрывают колбу воронкой и осторожно кипятят до полного восстановления железа (и меди),

после чего раствор должен быть совершенно бесцветным. Находящаяся в растворе медь восстанавливается свинцом до металла и осаждается на нем в виде тонкой пленки, которая предупреждает слипание отдельных зерен свинца в комки.

После восстановления железа прекращают нагревание раствора и сливают его при помощи декантации в другую колбу. Колбу, в которой происходит восстановление, промывают горячей водой два раза. Эту воду сливают к основному раствору, общий объем которого должен быть 450—500 мл. После охлаждения к раствору прибавляют 5 мл H_3PO_4 (уд. вес 1,69), 2—3 капли дифениламина и титруют раствором $K_2Cr_2O_7$ до совершенно устойчивой синей окраски.

Для определения содержания железа пользуются приведенной выше формулой.

Определение общего содержания железа методом восстановления порошкообразным цинком. Для восстановления окисного железа необходимы:

- 1) 2%-ный раствор двууглекислого натрия $NaHCO_3$,
- 2) серная кислота H_2SO_4 (уд. вес 1,82),
- 3) металлический порошкообразный цинк «чистый для анализа»,
- 4) фосфорная кислота H_3PO_4 (уд. вес 1,69),
- 5) 1%-ный раствор дифениламина,
- 6) 0,1 N раствор двуххромовокислого калия $K_2Cr_2O_7$.

Выполнение анализа. Отбирают в мерную колбу емкостью 100 мл пробу профильтрованного электролита в количестве 10 мл, доливают дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают. Для анализа берут 10 мл разбавленного электролита в колбу на 250 мл с притертой пробкой, в которую вставлена специальная воронка (рис. 7), добавляют 10—12 мл H_2SO_4 (концентрации 1:4) и 0,4 г порошкообразного металлического цинка.

Ополоснув водой горлышко колбы, закрывают ее пробкой со специальной воронкой, наливают в воронку 2%-ный раствор двууглекислого натрия $NaHCO_3$ и подогревают на слабом огне до растворения цинка. После полного восстановления окисного железа цинком охлаждают раствор без доступа воздуха, вынимают пробку, сливают из воронки раствор $NaHCO_3$, промывают наружную часть воронки и горлышко колбы, добавляют

10 мл H_3PO_4 , 2—3 капли дифениламина и титруют 0,1 N раствором $K_2Cr_2O_7$ до появления синего окрашивания. Пробка с воронкой, залитой раствором $NaHCO_3$, является гидравлическим затвором. Он препятствует проникновению воздуха в колбу, а также выходу из колбы испарений, которые, проходя через раствор $NaHCO_3$, нейтрализуются в нем.

Содержание железа определяется по той же формуле.

Определение общего содержания железа методом восстановления электролитическим кадмием. Электролитический кадмий, необходимый для анализа, получается электролизом $CdSO_4$, подкисленного H_2SO_4 .

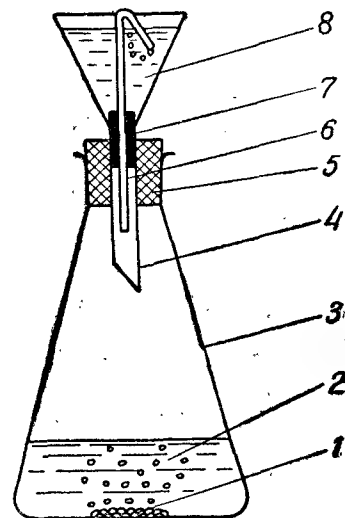


Рис. 7. Устройство колбы для анализа электролита:

1 — порошкообразный цинк; 2 — электролит; 3 — колба; 4 — воронка; 5 и 7 — резиновые пробки; 6 — трубка стеклянная; 8 — раствор.

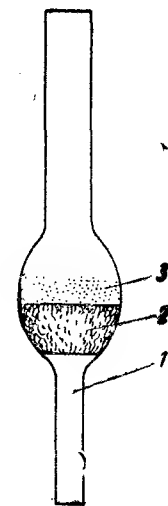


Рис. 8. Хлоркальциевая трубка:

1 — стеклянная трубка; 2 — стеклянная рата; 3 — кадмиевая губка.

Состав электролита: сернокислый кадмий $CdSO_4 \cdot 8H_2O$ — 20 г/л; серная кислота H_2SO_4 — 3,7 г/л.

Режим электролиза: температура $t = 40^\circ$; плотность тока $D_k = 20 \text{ а/см}^2$.

Анодом служит металлический кадмий, катодом — латунная сетка. При электролизе на катоде осаждается металлический кадмий в виде губки.

Полученной кадмиевой «губкой» заполняется обычная хлоркальциевая трубка (рис. 8), в которую предварительно вкладывается небольшое количество стеклянной ваты. Трубку с кадмием хранят в дистиллированной воде.

Выполнение анализа. 10 мл профильтрованного электролита отбирают в мерную колбу емкостью 100 мл, доливают водой до метки и тщательно перемешивают. Для анализа отбирают 10 мл раствора и пропускают через стеклянную трубку, заполненную кадмиевой «губкой». В растворе, проходящем через слой кадмия, окисное железо восстанавливается до закисного.

После пропуска электролита через трубку кадмий отмывают от железа водой, подкисленной H_2SO_4 (несколько раз), а затем чистой водой. Промывку ведут до отсутствия в трубке закисного железа и проверяют полное его исчезновение раствором кровавой соли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Полученный пропусканием через трубку и последующим промыванием раствор титруют 0,1 *N* раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, как указано выше.

Метод определения трехвалентного железа с помощью трубки, наполненной кадмиевой «губкой», как показал опыт лаборатории Саратовского политехнического института, является наиболее пригодным для использования в цеховых лабораториях: он несложен по осуществлению и требует значительно меньше времени по сравнению с другими методами анализа.

Определение марганца $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Для анализа необходимы следующие реактивы:

- 1) азотная кислота HNO_3 (уд. вес 1,4);
- 2) 2%-ный раствор азотнокислого серебра AgNO_3 ;
- 3) 12%-ный раствор надсернокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$;

- 4) насыщенный раствор хлористого натрия NaCl ;
- 5) 0,03 *N* раствор соли Мора $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

5 мл испытуемого электролита отбирают в стакан емкостью 400 мл, добавляют 20—30 мл воды и 5 мл HNO_3 , выпаривают раствор до сиропообразной массы, охлаждают, вновь добавляют 20—30 мл воды и 5 мл HNO_3 , снова выпаривают и охлаждают. Операцию выпаривания повторяют 4—5 раз до полного удаления хлора.

Полученный раствор азотнокислых солей переводят в

мерную колбу емкостью 250 мл, разбавляют водой до метки и тщательно перемешивают.

Для анализа отбирают 25 мл разбавленного раствора в коническую колбу емкостью 250 мл, добавляют 5 мл HNO_3 , нагревают до кипения, добавляют 25 мл 0,2%-ого раствора AgNO_3 и 35 мл надсернокислого аммония и кипятят в течение 3—5 мин. По охлаждении добавляют 1 мл насыщенного раствора NaCl и титруют 0,03 *N* раствором соли Мора.

Титр раствора соли Мора устанавливается по химически чистому $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Содержание $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в электролите (А) определяется из уравнения:

$$A = \frac{a T_{\text{Mn}} \cdot 1000}{B} \text{ г/л,}$$

где a — количество миллилитров 0,03 *N* раствора соли Мора, затраченное на титрование;

T_{Mn} — титр раствора соли Мора, мл;

B — количество миллилитров испытуемого электролита, взятого на определение;

1000 — коэффициент пересчета на 1 л электролита.

КОРРЕКТИРОВКА И КОНТРОЛЬ КИСЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА

Устойчивая работа ванны осталивания обеспечивается при содержании в электролите 0,6—0,9 г/л соляной кислоты HCl . При возрастании кислотности усиливается выделение на катоде водорода и уменьшается выход железа по току. При содержании кислоты в электролите менее 0,2—0,3 г/л электролит мутнеет, в нем образуются бурные хлопья гидроокиси, которая включается в осадок и снижает его качество.

Процесс осталивания, осуществляемый с применением растворимых анодов, сопровождается непрерывным уменьшением содержания в электролите кислоты, расходуемой при работе ванны на электрохимические процессы и на унос с испарениями.

По опытным данным, расход соляной кислоты при осталивании пропорционален количеству ампер-часов

электрического тока, пропущенного через электролит, и может быть определен следующим образом:

$$X = \frac{100 \cdot b}{a} / \tau,$$

здесь X — общий расход кислоты, г;

$b = 0,20—0,22$ г — расход HCl на один ампер-час тока, пропущенного через электролит;

a — процентное содержание HCl в кислоте, используемой в цехе на подкисление электролита;

τ — количество затраченного при электролизе электричества, а-ч.

Например, при применении для подкисления электролита технической соляной кислоты (уд. вес 1,14) необходимо на каждый ампер-час пропущенного через ванну тока добавлять такой кислоты в количестве

$$K = \frac{100 \cdot 0,22}{27,66} = 0,8 \text{ г.}$$

Постоянная кислотность электролита обеспечивается периодическим (ступенчатым) или непрерывным добавлением в ванну подкисленной воды. Непрерывное подкисление электролита обеспечивает более однородное качество покрытий. В период освоения процесса кислотность необходимо проверять химанализом каждый час для установления нормы расхода кислоты в зависимости от температуры и плотности тока. В дальнейшем при некотором навыке кислотность можно определять по цвету электролита.

При понижении кислотности до 0,2—0,3 г/л поверхность электролита приобретает коричневый оттенок.

При кислотности более 2,5—3,0 г/л электролит становится интенсивно-зеленого цвета.

Для цехового контроля кислотности электролита можно использовать индикаторную бумагу конго-рот. При соприкосновении с кислым электролитом эта бумага синеет, причем интенсивность окрашивания увеличивается с увеличением кислотности.

Если кислотность равна 0,3—0,5 г/л HCl , то бумажка, опущенная в раствор, слегка синеет, а если 0,5—0,8 г/л HCl , — то бумажка окрашивается в интенсивный синий цвет.

При добавлении в ванну соляной кислоты необходимо

учитывать ее удельный вес, то есть процентное содержание в ней HCl .

Бумага конго-рот позволяет определить кислотность электролита приблизительно. Более точное определение достигается с помощью бумаги другого сорта, называемой рифан.

Так как по технологии рекомендуется применять электролит с содержанием кислоты 0,9—1,2 г/л, то соответственно этому индикаторная бумага должна обеспечивать кислотность в пределах $\text{pH} = 1,5—1,8$. Для этой цели можно рекомендовать (по опыту лаборатории СПИ) индикаторную бумагу рифан с $\text{pH} = 0,3—2,2$ (трест «Союзреактив», Рижская контора).

Способ применения индикаторной бумаги состоит в следующем:

1. Полоску бумаги загрузить в электролит так, чтобы все цветные полоски были одинаково смочены проверяемым электролитом.

2. Вынуть полоску и немедленно сравнить цвет полоски индикатора (средняя) без цифр с цветной шкалой на полоске, имеющей цифровое обозначение. Определив pH электролита, можно по табл. 4 определить соответствующую концентрацию кислоты в грамм-литрах.

Таблица 4

Соотношение между водородным показателем pH и содержанием соляной кислоты в электролите, г/л

Водородный показатель pH	0,36	0,45	0,57	0,71	0,90	1,13	1,46	1,78	2,26	2,86	3,6
Содержание HCl , г/л	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

Определение содержания соляной кислоты химанализом. Кислотность железного электролита определяют титрованием 0,01 N раствором щелочи в присутствии индикатора.

Для определения кислотности необходимо иметь:

1) едкое кали KOH : 0,56 г KOH растворяют в 1 л дистиллированной воды; титр раствора устанавливают по 0,01 N раствору HCl , проверенному по Na_2CO_3 ;

2) раствор метилоранжа: 1 г метилоранжа растворяют в 1 л горячей воды, дают раствору отстояться и сливают в склянку с притертой пробкой.

Порядок проведения анализа следующий: 25 мл профильтрованного электролита помещают в колбу емкостью 250 мл, разбавляют дистиллированной водой до 100—150 мл, прибавляют 2 капли метилоранжа и титруют 0,01 N раствором КОН до желтого окрашивания.

Количество свободной кислоты находят из равенства:

$$A = \frac{aT_{\text{HCl}} \cdot 1000}{B} \text{ г/л,}$$

где a — количество 0,01 N раствора КОН, пошедшего на титрование, мл;

T_{HCl} — титр КОН, выраженный в г HCl;

B — количество электролита, взятого для титрования, мл.

Кислотность электролита может быть также определена титрованием раствором буры.

Для анализа необходимы реактивы:

- 1) 0,05 N раствор буры,
- 2) раствор индикатора метилрот.

Выполнение анализа: 10 мл отфильтрованного раствора титруют 0,05 N раствора буры с добавлением 1—2 капель индикатора метилрота до перехода от красного цвета к желтому. Количество кислоты определяется аналогично предыдущему случаю.

Глава III

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ

СХЕМА ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ (СТАЛЬНЫХ И ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ)

Технологический процесс электролитического наращивания деталей твердым железом должен обеспечить:

- 1) получение покрытий с заданными механическими свойствами;
- 2) высокую прочность сцепления покрытия с металлом деталей.

Заданные свойства наращиваемого на деталях металла можно получить, правильно определив условия электролиза (состав электролита и режим электролиза).

Надежная прочность сцепления осадка с деталью обеспечивается тщательной подготовкой деталей перед нанесением покрытия.

Сцепляемость электролитического осадка (покрытия) с металлом детали характеризует способность покрытия выдерживать без отслаивания напряжения, которые возникают под воздействием внешних нагрузок на границе покрытие — деталь.

Прочность сцепления определяется силой, которую нужно приложить к покрытию, чтобы оторвать его от основного металла. Опытами СПИ установлено, что при правильно выполненной подготовке поверхности перед

осталиванием прочность сцепления электролитического железа со сталью достигает значений, равных прочности металла покрытия (45—50 кг/мм²). Это позволяет считать, что сцепление электролитического железа со стальными деталями достигается за счет сил междумолекулярного взаимодействия.

Толщина тончайших окисных и жировых пленок значительно превышает радиус действия молекулярных сил. Поэтому прочное сцепление слоя электролитического железа с деталью может быть получено лишь при условии тщательного удаления с поверхности деталей всех загрязнений и в том числе масляных и окисных пленок.

Разработанный в лаборатории кафедры «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» СПИ и проверенный в условиях многих заводов технологический процесс «твердого осталивания» обеспечивает получение на деталях прочно сцепленных с ними износостойких покрытий. Процесс состоит из цикла операций, выполняемых в такой последовательности:

1. Очистка от грязи и масла.
2. Механическая обработка покрываемых поверхностей.
3. Промывка деталей бензином.
4. Зачистка поверхности деталей шкуркой.
5. Монтаж деталей в подвесные приспособления.
6. Изоляция участков деталей, не подлежащих покрытию.
7. Обезжиривание известью.
8. Промывка холодной проточной водой.
9. Анодная обработка в 30%-ном растворе серной кислоты.
10. Промывка горячей водой при 80—90°.
11. Завешивание в ванну осталивания и выдержка без тока.
12. Осталивание.
13. Промывка горячей водой.
14. Нейтрализация в 10%-ном горячем растворе щелочи.
15. Промывка горячей водой при 80—90°.
16. Демонтаж деталей с подвесок и снятие изоляции.
17. Механическая обработка.

Указанный порядок операций может несколько изменяться в зависимости от конструкции и подвесных при-

способлений. Так, при покрытии внутренних поверхностей операции 4, 5 и 6 выполняются в иной последовательности: сначала производится изоляция, затем зачистка шкуркой и монтаж на подвеску.

План операций восстановления деталей, которые имеют несколько дефектов, устраняемых различными способами, например наплавкой и электролитическим наращиванием, должен строиться так, чтобы процесс наращивания деталей железом являлся заключительным этапом всего технологического процесса.

Как видно из приведенной схемы технологического процесса и рис. 9, иллюстрирующего эту схему, процесс состоит из трех этапов: подготовки, наращивания и окончательной обработки. Каждый из них имеет самостоятельное назначение и соответственно к каждому из них должны быть предъявлены свои требования.

ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ К ОСТАЛИВАНИЮ (предварительная)

Очистка деталей. Детали, сильно загрязненные маслом, перед механической обработкой следует кипятить в 10%-ном растворе каустической соды в течение 15—20 мин. При этом необходимо обращать особое внимание на очистку от загрязнений маслом внутренних поверхностей (отверстий, каналов, впадин).

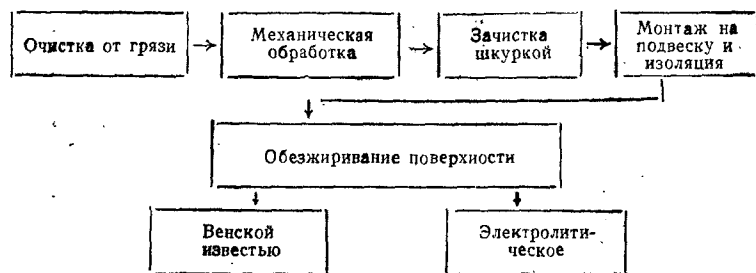
В случае наличия ржавчины на деталях их перед механической обработкой надо травить в растворе серной или соляной кислоты с последующей промывкой и сушкой. Не удаленные с поверхностей деталей ржавчина, масляные и другие загрязнения в процессе осталивания реагируют с электролитом и могут вызвать отслаивания.

При серийном осталивании небольших деталей (толкателей, клапанов и др.), как показал опыт Саратовского авторемонтного завода, предварительную очистку их можно производить в колокольной ванне, заполненной раствором серной кислоты в смеси с песком (см. ниже). Длительность очистки 40—50 мин.; затем детали промываются горячей водой.

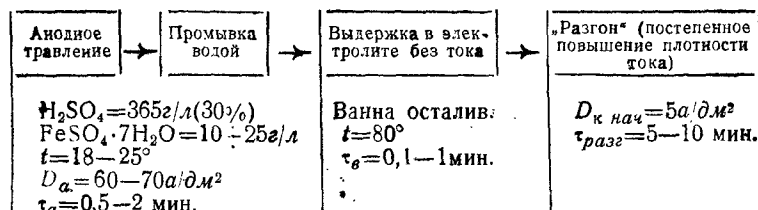
Механическая обработка. Механическая обработка перед осталиванием необходима для устранения с рабочих (ремонтируемых) поверхностей деталей следов изно-

Технологический процесс твердого осталивания

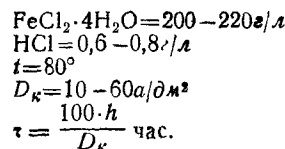
Подготовка деталей к осталиванию (предварительная)



Электрохимическая подготовка поверхности (окончательная)



Осталивание



Окончательная обработка деталей



Рис. 9.

са (овальности, конусности, рисок, задигов и др.), а также для получения правильной геометрической формы поверхностей и требуемой чистоты обработки.

Качество предварительной обработки поверхности деталей должно быть высоким. Гладкое покрытие толщиной более 0,5 мм может быть получено только на тщательно отшлифованной поверхности. На поверхности, обработанной резцом, в процессе электролиза образуются наросты, вызываемые неодинаковой плотностью тока на углубленных и возвышенных участках. Слой электролитического металла не сглаживает дефекты механической обработки, а, наоборот, копирует их и даже увеличивает.

При небольшой длительности электролиза (1—2 час.) на грубо обработанной поверхности неровности покрытия мало заметны. Поэтому, если толщина осадка менее 0,5 мм, то можно назначать более грубую предварительную обработку поверхности перед осталиванием. При большой толщине покрытия чистота обработки задается обычно не ниже 7-го класса ($\nabla 7$).

При механической обработке необходимо также обращать внимание на правильный выбор баз и правильную установку деталей. Несоблюдение этого указания может привести к браку в процессе окончательной обработки после осталивания (разностенность покрытия, невыход размера). Дефекты на выбранных базовых поверхностях должны быть устранены перед установкой детали на станок.

Характер механической обработки выбирается в зависимости от твердости изношенной поверхности. Закаленные поверхности высокой твердosti обрабатываются шлифовальным кругом, более мягкие — резцом с последующей зачисткой шкуркой.

В процессе механической обработки перед осталиванием необходимо также принимать меры, предупреждающие образование наростов (дендритов) на острых кромках и углах деталей. Во время электролиза следует делать фаски на острых кромках осталиваемых поверхностей, закруглять острые кромки масляных и шпоночных канавок; при обточке шеек валов сохранять имеющиеся на их концах галтели.

Если на покрываемой поверхности нет значительно-го местного износа (глубоких рисок, местной выработки и т. п.) и следов наволакивания меди, то операцию пред-

варительной механической обработки можно исключить из технологического процесса.

Зачистка деталей производится для удаления с поверхности, подлежащей осталиванию, окисной пленки и графита (с чугунных деталей). Операция производится в тех случаях, когда детали с механической обработки подаются в гальванический цех не сразу, а после задержки их на складе или на других рабочих участках. Поверхность стальных деталей обрабатывается мелким наждачным плотным зернистостью 300. Чугунные детали предпочтительнее подвергать пескоструйной обработке. В этом случае песок должен быть хорошо просушен, а воздух очищен от влаги и масла. Чистоту воздуха проверяют, держа лист чистой бумаги на расстоянии 100—150 мм от сопла аппарата, перпендикулярно к струе воздуха. Следы влаги и масла на бумаге указывают на плохую очистку воздуха масловлагоочистителем.

Монтаж деталей в подвесные приспособления. Загрузка деталей в ванну анодной обработки и ванну осталивания производится с помощью подвесных приспособлений, называемых часто подвесками. Монтаж деталей на подвески и изоляция деталей осуществляются в зависимости от конструкции деталей — перед окончательным обезжириванием или после него. Если деталь наращивается по наружной поверхности, то сначала производят монтаж детали на подвеску, а затем обезжиривание. Если же деталь покрывается по внутренней поверхности, то обезжиривание производится перед монтажом детали на подвеску (подробно см. ниже «Подвесные приспособления»).

Изоляция. Перед осталиванием поверхности деталей и подвесок, не подлежащие покрытию металлом, должны быть изолированы, то есть защищены специальным материалом от осаждения на них металла.

Если изоляция выполнена правильно, уменьшаются потери электрического тока на непроизводительное выделение металла и повышается производительность ванны осталивания. Следовательно, фактическое время осталивания приближается к расчетному. Кроме того, получается более однородный по качеству осадок с лучшим и более равномерным распределением металла по поверхности, в связи с этим снижаются припуски на последующую обработку покрытия.

Изоляция защищает от коррозии внутренние поверхности деталей и подвесок, на которых плотность тока близка к нулю и которые вследствие этого могут растворяться в горячем кислом электролите.

В соответствии с особенностями процесса электроосаждения железа к изоляционному материалу предъявляется ряд требований. Материал должен быть устойчив против длительного действия на него горячего раствора кислого хлористого железа. Он не должен растворяться в электролите и засорять его продуктами растворения. Нанесенный на деталь изоляционный материал должен быстро высыхать. При однократном или двукратном нанесении изоляционного лака на поверхности должен получаться плотный, беспористый защитный слой. Изоляционный слой в процессе электролиза не должен образовывать пузырей и трещин, пробиваться электрическим током, становиться пористым или хрупким. После осталивания слой должен быстро и легко сниматься с поверхности детали. Материал изоляции должен быть недефицитным.

В практике осталивания при непродолжительном процессе для изоляции применяют листовой целлулоид (кинопленку) и целлулоидные лаки (цапон-лак и эмалит), а иногда применяют обычную изоляционную резиновую ленту с эмалитом. Изолируемое место обматывают лентой, а затем покрывают в 3—4 слоя эмалитом. Каждый слой просушивают в течение 5 мин.

Достаточно надежными изоляционными материалами при осталивании являются хлорвиниловые пластикаты и эмали. Допускаемое время выдержки в ванне этих материалов достигает 6—12 час.

Для изоляции цилиндрических поверхностей, не имеющих резких переходов, рекомендуются в качестве изоляционного материала полихлорвиниловые пластикаты (ГОСТ 5960—51) в сочетании с перхлорвиниловыми грунтами, лаками и эмалями (ГОСТ 7313—55).

Если продолжительность процесса небольшая (до 2—3 час.), то детали изолируются только пластикатом, которым плотно обертывают защищаемые места.

При серийном производстве детали изолируются с помощью съемных коробок, футляров и т. п., изготовляемых по форме защищаемой поверхности из кислотостойких пластмасс (текстолит, винипласт, карболит и т. п.).

Такие съемные футляры используются многократно и являются частью подвешного приспособления.

Применяемые до настоящего времени способы изоляции деталей — неоднократное прокрашивание (кистью) защищаемых поверхностей лаками, обертывание деталей пластиком, резиной, изоляционной лентой, использование защитных кожухов — в большей или меньшей степени не удовлетворяют требованиям к изоляции, приведенным выше. Способы эти в большей части являются очень трудоемкими, особенно для деталей со сложной конфигурацией, часто ненадежными при длительном электролизе вследствие пробоя изоляции и роста дендритов на острых краях деталей. После осталивания изоляция часто снимается с трудом.

В лаборатории Саратовского политехнического института инженером В. А. Бабенко был разработан более надежный технологический процесс изоляции деталей перед осталиванием, который заключается в следующем.

Очищенная и обезжиренная деталь трехкратно погружается в изоляционную краску и полностью покрывается плотным, беспористым слоем краски. Затем слой краски снимается с поверхностей, подлежащих наращиванию.

Технология нанесения изоляции следующая:

1. Отходы киноплёнки обрабатываются 5%-ным раствором едкого натрия при температуре 25—30°.

2. Кинопленку тщательно промывают в холодной проточной воде.

3. Промытую пленку растворяют в ацетоне до получения сиропообразной массы.

4. Прибавляют в полученный лак нитрокраску (например, нитрокраску ЗИС-508 защитно-зеленого цвета) так, чтобы соотношение цапон-лака и краски находилось в пределах от 1 : 1 до 1 : 3.

5. Погружением покрывают деталь тремя слоями изоляции с промежуточной сушкой каждого слоя. Сушка изоляции проводится на воздухе в течение 2 час. (1-й слой — 30 мин., 2-й слой — 30 мин., 3-й слой — 60 мин.).

6. Снимают изоляцию с участков, подлежащих наращиванию. Изоляция легко снимается ножом при неполном ее высыхании (40 мин. сушки после нанесения 3-го слоя).

Стойкость изоляции в условиях испытания 20 час.

(испытание опытных образцов с изоляцией в электролите напряжением 15 в).

Проверка указанного технологического процесса в заводских условиях показала хорошие результаты: увеличилась надежность изоляции и снизилась трудоемкость подготовки деталей перед осталиванием.

Обезжиривание. Наличие на поверхности детали окисных и жировых пленок вызывает плохое сцепление покрывающего слоя с основным металлом, пористость, чешуйчатость и образование вздутий. Поэтому деталь должна быть очищена не только от явно выраженных загрязнений (например, ржавчины), но и от невидимых тончайших жировых и окисных пленок.

В приведенной на стр. 42 схеме технологического процесса включены две операции обезжиривания — промывка бензином и протирка известью.

Действие бензина на жиры сводится к обычному их растворению. Но одна только промывка бензином не обеспечивает полного удаления жиров. После испарения бензина на поверхности металла всегда остается жировая пленка, препятствующая хорошему сцеплению покрытия. После промывки в бензине требуется дополнительное обезжиривание в щелочах или протирка известью. Только тогда обеспечивается надежное удаление жировой пленки с поверхности деталей.

Окончательное обезжиривание деталей перед осталиванием производится с помощью венской извести ($\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 6308), которая представляет собой смесь

оксида кальция и магния, совершенно свободную от примесей окиси кремния. Известь разводят до кашицеобразного состояния и добавляют до 1,5% едкого натрия или до 3% соды. Венскую известь можно заменить смесью мелкомолотой гашеной извести и мела в отношении (2—3) : 1. Раствор извести наносят волосной щеткой на поверхность детали и тщательно ее протирают. Затем известь смывают водой. Операцию повторяют до 3—4 раз и добиваются того, чтобы вода равномерно смачивала всю поверхность детали. После обезжиривания прикасаться руками к поверхности детали нельзя.

Детали сложные по конфигурации, с наличием отверстий, впадин, различных полостей и углублений в отдель-

ных случаях подвергают электролитическому обезжириванию.

Электролитическое обезжиривание заключается в том, что обрабатываемое изделие подвешивается на катоде в щелочном растворе и подвергается обработке электрическим током.

При пропускании электрического тока через ванну на поверхности катода (изделия) выделяется водород, пузырьки которого оказывают эмульгирующее и механическое воздействие на жировую пленку.

Мелкие пузырьки газа, выделяющиеся на поверхности катода около масляной капли, силой поверхностного натяжения задерживаются на ней. Затем пузырек газа увеличивается, его подъемная сила тоже увеличивается, и капля отрывается от поверхности катода.

В связи с выделением на катоде H_2 увеличивается концентрация $[OH^-]$ вблизи катода, и происходит омыление органических жиров.

С повышением температуры до $60-70^\circ$ скорость процесса увеличивается, но в меньшей степени, чем при химическом обезжиривании.

Скорость процесса повышается также с повышением плотности тока. Применяемая плотность тока $3-10 \text{ а/дм}^2$.

Недостаток способа — «водородная хрупкость», которая особенно чувствительна для тонких деталей. Для них обезжиривание выполняется на аноде. Процесс обезжиривания здесь осуществляется за счет эмульгирующего действия пузырьков кислорода. Анодное обезжиривание более медленное.

ПОДВЕСНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Завешивание деталей в ваннах при химической и электрохимической обработке производится с помощью специальных подвесных приспособлений, называемых в практике гальванических цехов подвесками.

Хорошая конструкция приспособлений, применяемых для завешивания деталей в ванну, является важнейшим условием высокой производительности процесса и качества электролитического покрытия. Неудачная конструкция приспособления ведет к потере напряжения тока, уменьшению силы тока, процесс осталивания удли-

няется, увеличивается неравномерность покрытия и возникают условия для образования некачественных осадков (пористых, растрескивающихся, бугорчатых и т. п.).

Конструирование и изготовление приспособлений для завешивания деталей рекомендуется выполнять с учетом следующих соображений.

Толщина осаждаемого металла на детали (катоде), как известно, определяется по следующей формуле:

$$\delta = \frac{c \cdot D_k \cdot \tau \cdot \alpha}{1000 \cdot \gamma},$$

где c — электрохимический эквивалент, $г/а \cdot ч$ (для железа $c = 1,042 \text{ г/а} \cdot ч$);

δ — толщина покрытия, мм;

D_k — плотность тока, $а/дм^2$;

τ — продолжительность электролиза, час;

α — выход металла по току, %;

γ — удельный вес осаждающегося металла, $г/см^3$ (для железа $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Однако эта формула дает возможность определить лишь среднюю толщину осажженного металла, которая будет совпадать с фактической в том случае, если осаждающийся на катоде металл равномерно распределяется по поверхности катода. В действительности большинство применяемых электролитов, в том числе и электролиты для осталивания, дают неравномерные осадки металла, или, как говорят, имеют неудовлетворительную рассеивающую способность.

Под рассеивающей способностью понимают способность электролита давать равномерные по толщине осадки. Рассеивающая способность — один из важнейших показателей электролита. Она зависит от характера распределения силовых линий тока, пронизывающих рабочий объем электролита. Эти линии не распределяются равномерно в жидкости между анодами и катодами, а концентрируются на краях и выступающих участках анодов и катодов. Имеется, таким образом, полная аналогия силового поля железного электролита между электродами и магнитного силового поля. Повышенной концентрации силовых линий на отдельных участках осталиваемого изделия соответствует повышенная плотность тока, а следовательно, и повышенная скорость отложения желе-

за. На других участках, наоборот, устанавливается пониженная плотность тока и пониженная скорость отложения. В результате осадки железа получаются неравномерные: на краях и острых кромках детали — более толстые, а на середине — более тонкие. Неравномерность железного покрытия устраняется последующей механической обработкой, для чего при осталивании необходимо предусматривать соответствующий припуск на обработку и увеличивать тем самым расчетную толщину слоя и длительность процесса.

Состав электролита и режим осталивания оказывают некоторое влияние на равномерность отложений железа; но их влияние не является решающим. Поэтому состав электролита и режим его работы выбирают, исходя из других соображений (получение необходимых свойств покрытия, увеличение скорости осаждения металла и т. п.).

В гораздо большей степени равномерность железных покрытий по толщине зависит от конструкции подвесных приспособлений, от конструкции и формы анодов, от правильности размещения деталей в ванне и т. п.

Исходя из самой сущности явления неравномерного отложения железа, очевидно, что для получения равномерных осадков необходимо деталь и аноды располагать в ванне так, чтобы плотность тока на всей покрываемой поверхности была одинаковой.

В практической работе все усилия гальванотехников должны быть направлены на то, чтобы обеспечить равномерную толщину покрытия на всех участках покрываемой поверхности путем создания условий для равномерного распределения, на ней силовых линий тока.

Практика осталивания на заводах разнообразных деталей должна учитывать опыт конструирования подвесных приспособлений, накопленный практикой хромирования, который в значительной своей части может быть использован при осталивании.

Отличительными особенностями процесса осталивания сравнительно с хромированием являются:

- 1) лучшая рассеивающая способность железных электролитов;
- 2) большая толщина получаемых покрытий;
- 3) значительно меньшая длительность электролиза.

Эти особенности следует учитывать при проектировании и изготовлении подвесных приспособлений.

Для обеспечения равномерных отложений металла на деталях при осталивании применяются наиболее часто:

- 1) защитные (дополнительные) катоды;
- 2) неметаллические экраны;
- 3) фигурные аноды.

Дополнительные катоды. Силовые линии, идущие от анодов по направлению к противоположащей поверхности деталей, можно распределить более равномерно введением дополнительных катодов. Дополнительные катоды в виде шайб и колец удлиняют деталь в направлении острого края. Они защищают острые края деталей, оттягивая на себя избыток силовых линий, и обеспечивают тем самым осаждение более равномерного слоя железа.

Дополнительные катоды используются, например, в подвесном приспособлении для осталивания поршневых пальцев дизеля ЗД6, изображенном на рис. 10. В этом приспособлении два пальца закрепляются на стержне подвески между центрирующими конусами 6, 7 и 8, которые являются одновременно и дополнительными катодами, снимающими избыток силовых линий с концов пальцев и тем самым предупреждающими образование дендритов на кромках деталей.

Торцы конусов и части стержня подвески, соприкасающиеся с электролитом, изолируются лаком. Канавки на конусах необходимы для быстрого стекания электролита из пальцев при анодной обработке и при осталивании.

Для получения более равномерных покрытий на углах и ребрах детали их окантовывают также стальной проволокой толщиной 0,5—3,0 мм. Эта проволока монтируется на расстоянии 3—4 мм от острого края, жестко закрепляется и соединяется с деталью.

Проволока в качестве экрана использована в приспособлении для осталивания шкворня поворотной цапфы автомобиля ЯАЗ (рис. 11). В подвесном приспособлении шкворень крепится гайкой 3, которая наворачивается на его резьбовой конец. У концов покрываемой поверхности крепятся экранирующие кольца 5 и 6 из пружинной стальной проволоки марки 50Г. Конус и верхняя часть шкворня изолируются перхлорвиниловой пленкой или

эбонитовым колпачком, торец шкворня покрывается лаком.

При осталивании поворотной цапфы автомобилей ГАЗ-51 применяют приспособление, изображенное на рис. 12. Здесь для предупреждения образования дендритов острые кромки малой шейки защищают свинцовым кольцом 4, а шпоночную канавку заделывают

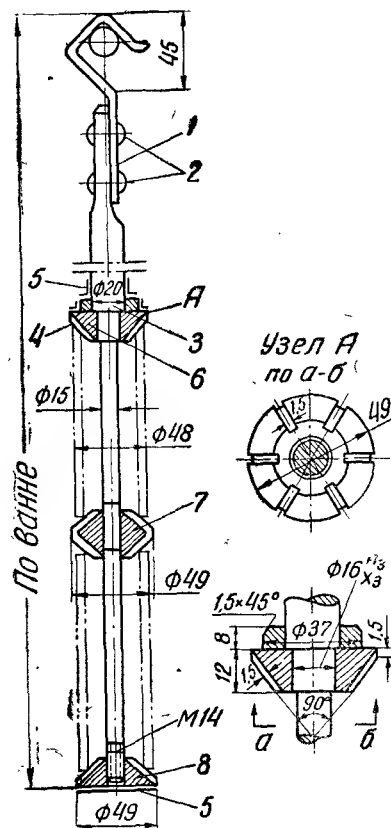


Рис. 10. Подвесное приспособление для поршневых пальцев дизелей 3Д6:

1 — крючок медный; 2 — заклепка $\varnothing 8$ мм; 3 — стержень; 4 — кольцо; 5 — изоляция; 6, 7 и 8 — конус верхний, средний и нижний (дополнительные катоды).

свинцом заподлицо с поверхностью шейки.

Деталь крепится в приспособлении, которое нижним концом навертывается на ее резьбовой хвостовик. Фла-

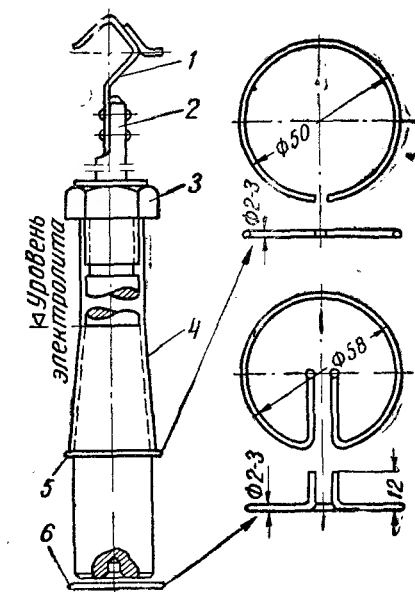


Рис. 11. Индивидуальное (одноместное) приспособление для шкворня поворотной цапфы автомобиля:

1 — крючок медный; 2 — стержень; 3 — гайка; 4 — изоляция пластиком; 5 и 6 — проволочные кольца-экраны.

нец с цапфой и подвеска обертываются изоляционным материалом. Конус между шейками защищается колпачком из винипласта, текстолита, эбонита или целлулоида.

Применение в конструкции подвесок дополнительных катодов предупреждает образование и рост на острых кромках дендритов, наличие которых снижает качество металла в местах, прилегающих к образовавшимся дендритам.

Неметаллические экраны. При осталивании деталей на равномерность железного покрытия оказывают особенно резкое влияние элементы деталей, сильно выступающие над поверхностью осаждения: фланцы, бобышки. Эти выступающие элементы оттягивают на себя значительное количество силовых линий, что приводит к снижению плотности тока на соседних участках и к появлению значительной конусности покрытия. Это в свою очередь требует большого припуска на механическую обработку и снижает производительность операции осталивания. Повысить равномерность осаждения металла можно путем экранирования краевых линий тока шайбами или деталями другой формы, сделанными из кислотоупорной пластмассы. Эти шайбы, помещенные по окружности у концов катода, экранируют краевые линии тока и в то же время ограничивают объем жидкости у краев детали, создавая тем самым более однородное поле силовых линий (рис. 13).

Комбинированное применение дополнительного катода и неметаллических экранов показано в приспособлении на рис. 14. Втулка крепится и центрируется в приспособлении двумя конусами 3 и 6 с прорезями. Верхний стальной конус 3 служит одновременно дополнительным катодом. Цилиндрическая кромка конуса, выступающая над деталью, оттягивает на себя силовые линии и предупреждает образование дендритов на верхней кромке детали. Нижний конус 6, изготовленный из текстолита, центрирует втулку на стержне подвески. Отверстия и прорези в конусах служат для быстрого заполнения электродитом и освобождения от него внутренней полости втулки в процессе анодной обработки и осталивания. Фланец втулки и торец верхнего конуса изолируют экранирующими текстолитовыми шайбами 5 и 9.

По количеству деталей, одновременно монтируемых в приспособлении, различают:

- 1) одностенные приспособления и
 - 2) групповые (или многостенные) приспособления.
- Одностенные приспособления применяются для деталей, поступающих в ремонт единичными экземплярами или небольшими сериями, а также для деталей, имеющих большой вес.

Примеры одностенных приспособлений для сравнительно малогабаритных деталей небольшого веса были приведены выше на рис. 10—14.

На рис. 15 представлено весьма несложное по конструкции приспособление, предназ-

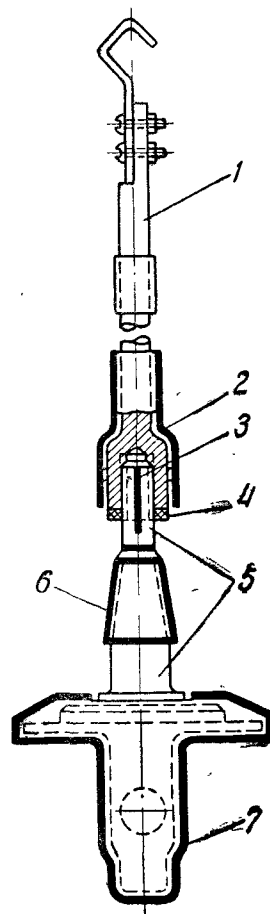


Рис. 12. Индивидуальное приспособление для поворотной цапфы автомобиля:

1 — приспособление; 2, 6 и 7 — изоляция; 3 — свинцовая набивка шпоночной канавки; 4 — свинцовое кольцо; 5 — покрываемые поверхности;

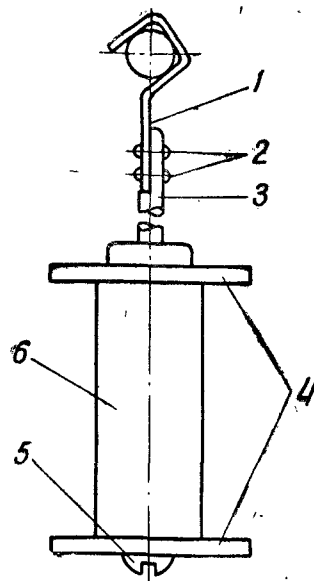


Рис. 13. Подвесное приспособление с неметаллическими экранами:

1 — крючок медный; 2 — заклепки; 3 — стержень; 4 — защитные экраны; 5 — винт; 6 — деталь.

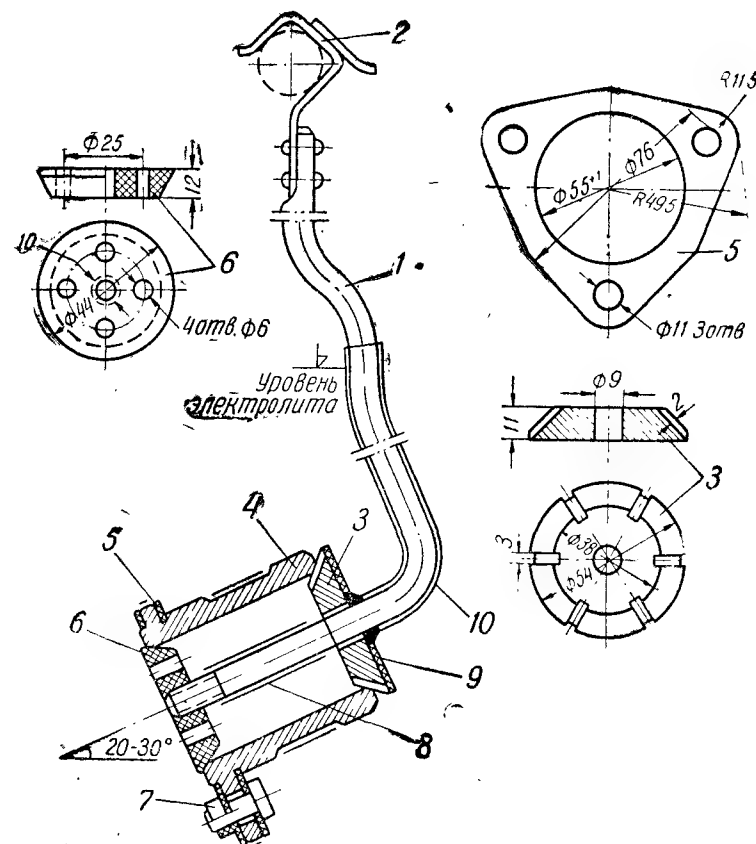


Рис. 14. Подвесное приспособление для втулки балансира двигателя ЯАЗ:

1 — стержень подвески; 2 — медный крючок; 3 — металлический конус (дополнительный катод); 4 — втулка (деталь); 5 и 9 — текстолитовые шайбы; 6 — текстолитовый конус; 7 — эбонитовая гайка; 8 — кислотоупорный лак; 10 — пластикат.

наченное для завешивания в ванну различных валов, имеющих несколько шеек, требующих наращивания. Контактная планка 1 приспособления и прижимная планка 2 образуют хомут, в котором вал закрепляется в вертикальном приспособлении. Для надежного контакта поверхности соприкосновения вала и деталей подвески должны быть тщательно зачищены.

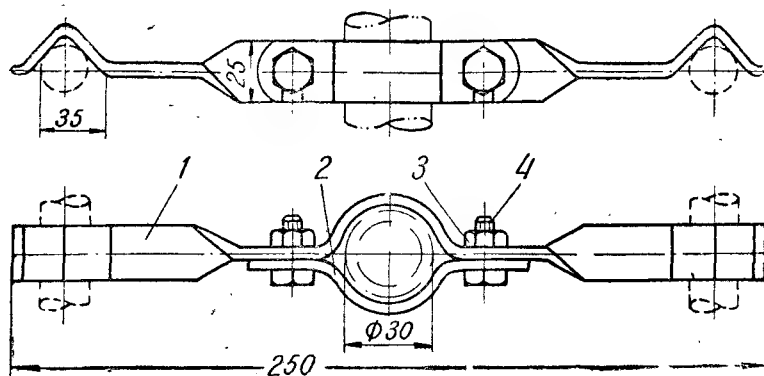


Рис. 15. Одноместное подвесное приспособление для длинных валов:
1 — контактная пластина; 2 — прижимная планка; 3 — гайка; 4 — болт.

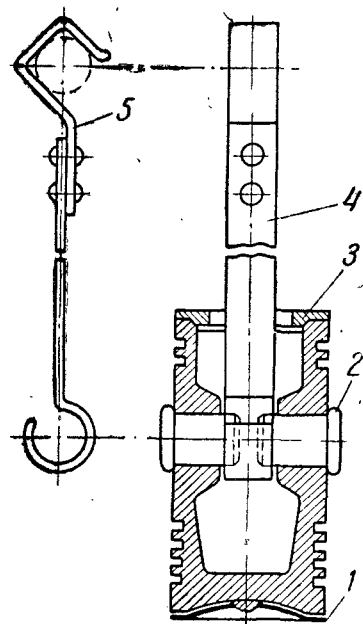


Рис. 16. Одноместное подвесное приспособление для поршня:

1 — защитный экран; 2 — полупалец;
3 — экранирующее кольцо (дополнительный катод); 4 — скоба; 5 — крючок медный.

верены в цеховых условиях на ряде заводов. Они обеспечили значительное повышение производительности труда и большой экономический эффект. Как показала практика осталивания различных деталей, при тщательном уходе за контактными поверхностями приспособлений детали, снятые после осталивания с одной подвески, характеризуются хорошей однородностью по толщине и качеству

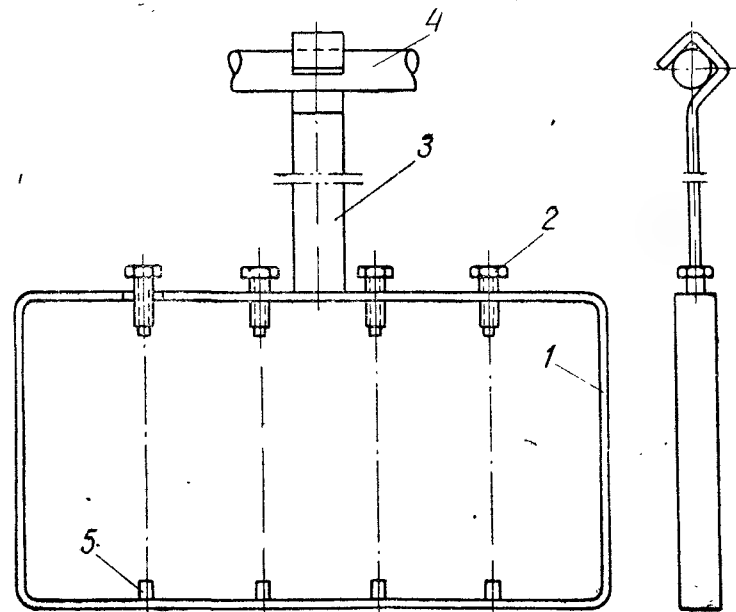


Рис. 17. Групповое приспособление для коротких цилиндрических деталей (типа рамки):

1 — рамка; 2 — прижимной болт; 3 — стержень с крючком; 4 — катодная штанга ванны; 5 — штырь.

покрытий. Ниже рассматриваются в качестве примера различные типы групповых приспособлений, проверенных на практике.

На рис. 17, 18 и 19 показаны три типа группового приспособления, рассчитанного на одновременное завешивание четырех деталей типа «валик» несложной конструкции и небольшого веса. Приспособления различаются между собою характером крепления деталей. Приспособление, изображенное на рис. 17, выполнено в виде рамки.

Детали, подлежащие осталиванию, зажимаются между опорными штифтами 5 и винтами 2. Рамка изолируется лаком или пленкой пластика.

Недостаток конструкции заключается в том, что при электролизе в связи с нагреванием подвески и деталей из-за различного коэффициента их расширения ослабе-

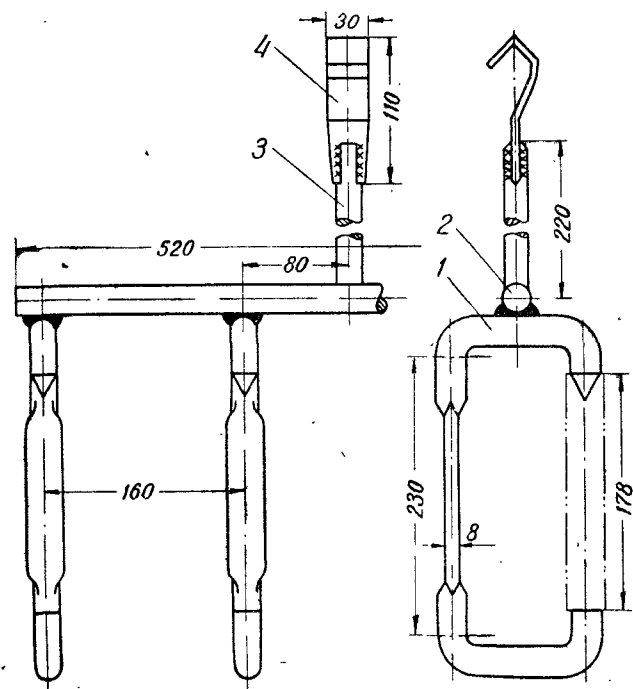


Рис. 18. Групповое приспособление для коротких цилиндрических деталей (типа скобы):

1 — пружинная скоба; 2 — траверса; 3 — стержень; 4 — крючок медный.

вает зажим деталей винтами и контакт между ними. Это может явиться причиной появления брака при осталивании. Для устранения указанного недостатка простой винтовой зажим деталей заменяют пружинным.

Конструкция группового приспособления для коротких цилиндрических деталей с пружинным зажимом (рис. 18) является более удачной. Детали зажимаются скобами, изготовленными из пружинной стали. Но во

время электролиза зажим деталей скобами может ослабнуть, и нарушится контакт с деталями. Поэтому скобы приходится делать очень сильными, что осложняет крепление деталей в приспособлении.

Наиболее удачным является приспособление, изображенное на рис. 19. Здесь детали и эбонитовые экраны, защищающие торцы деталей, удерживаются на траверсе 8 резиновыми кольцами 3, охватывающими траверсу и

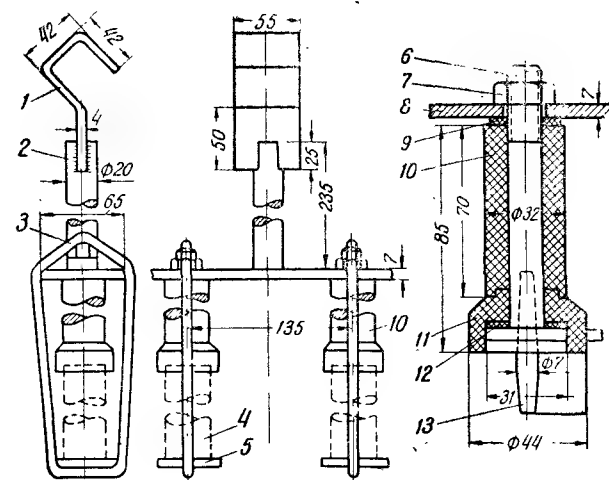


Рис. 19. Групповое приспособление (на 4 детали) для коротких цилиндрических деталей (с резиновыми кольцами крепления):

1 — медный крючок; 2 — стержень; 3 — резиновое кольцо; 4 — шкворень; 5 — эбонитовая шайба-экран нижнего торца; 6 — шпилька; 7 — гайка; 8 — траверса; 9 и 12 — резиновые шайбы; 10 — эбонитовая втулка; 11 — эбонитовый экран верхнего торца; 13 — контактный штифт.

нижний экран 5. Такая конструкция приспособления позволяет сократить время на сборку деталей и на завешивание их в электролит и обеспечивает надежный контакт между деталями и подвеской.

По такому же типу построено приспособление для одновременного завешивания 10 толкателей или клапанов автомобильного двигателя (рис. 20).

Типовые приспособления для одновременного осталивания серии бронзовых втулок по наружному диамет-

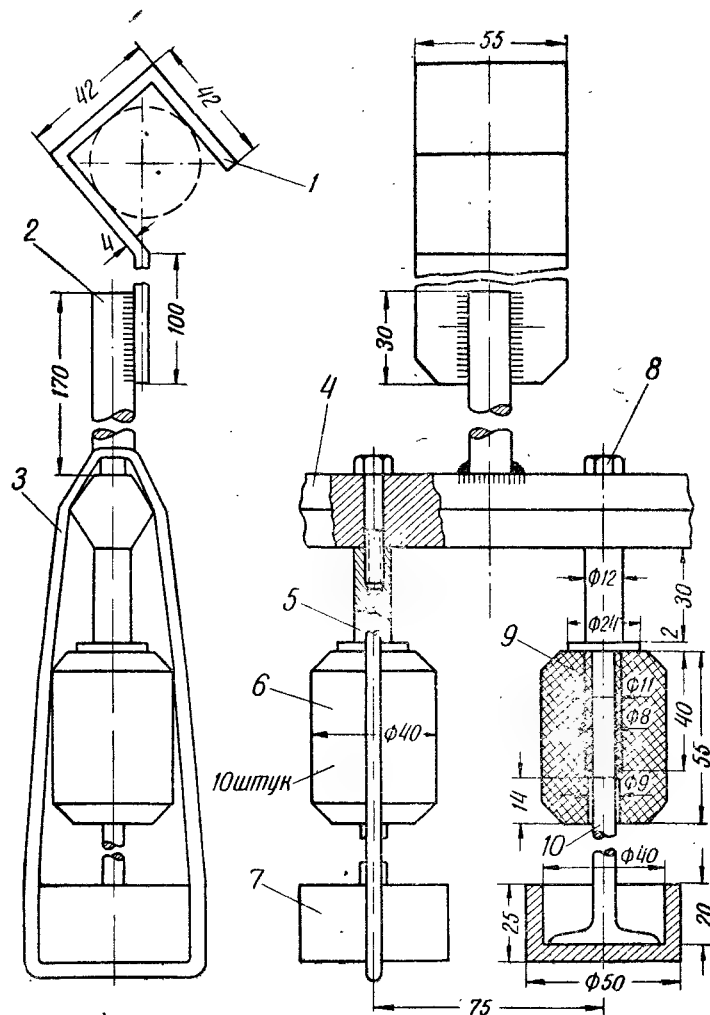


Рис 20. Групповое приспособление для клапанов и толкателей:

1 — медный крючок; 2 — стержень; 3 — резиновое кольцо; 4 — траверса; 5 — контактный стержень; 6 — эбонитовая втулка-экран; 7 — эбонитовый экран тарелки; 8 — болт; 9 — резиновая втулка.

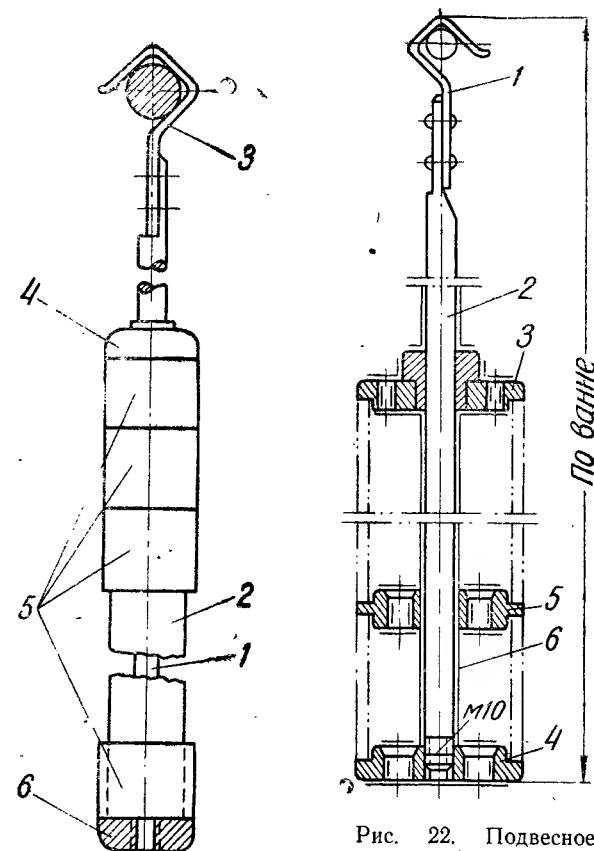
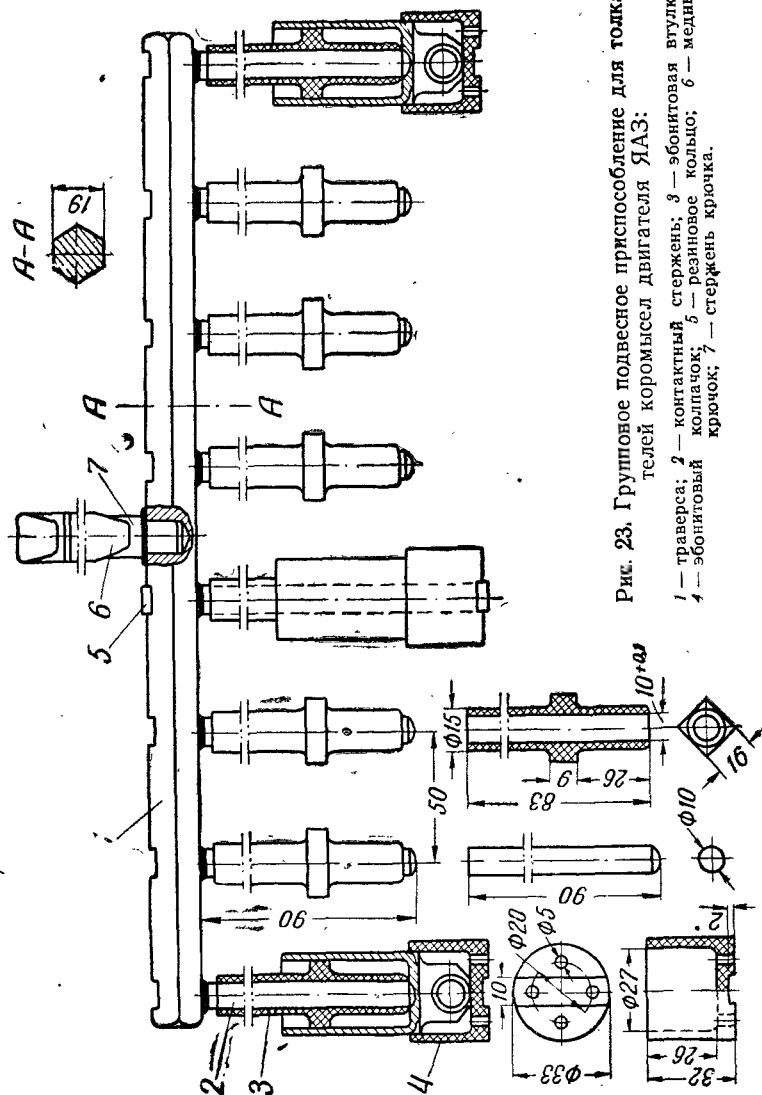


Рис. 22. Подвесное приспособление для втулок верхней головки шатуна дизеля 3Д6:

1 — стержень; 2 — оправка; 3 — крючок медный; 4 и 6 — дополнительные катоды; 5 — втулка.

1 — крючок подвески; 2 — стержень подвески; 3 — верхняя шайба; 4 — нижняя шайба; 5 — промежуточная шайба; 6 — изоляция.

ру показаны на рис. 21 и 22. В приспособлении, изображенном на рис. 21, втулки набираются на сменную оправку 2, наружный диаметр которой соответствует внутреннему диаметру трубок. Торцы крайних (верхней и нижней) втулок защищаются дополнительными катодами. Приспособление используется для осталивания



1 — траверса; 2 — контактный стержень; 3 — эбонитовая втулка; 4 — эбонитовый колпачок; 5 — резиновое кольцо; 6 — медный крючок; 7 — стержень крючка.

втулок различных размеров. Для каждого типоразмера втулок сменными деталями приспособления являются оправка и концевые экраны. Осталивание втулок в рассматриваемом приспособлении характерно тем, что осадок железа по всей длине получается слитным. Это затрудняет отделение одной втулки от другой. При значительной толщине слоя отделение втулок невозможно без механической обработки (разрезки). Края втулок получаются при этом неправильными. Для устранения указанного недостатка в приспособлении для втулок верхней головки шатуна дизеля ЗД6 (рис. 22) предусмотрены промежуточные шайбы 5, с помощью которых в приспособлении центрируется шесть втулок. Шайбы 5 одновременно служат дополнительными катодами. При установке втулок на подвеску внутренние поверхности втулок и поверхности деталей подвески, соприкасающиеся с электролитом, изолируются специальным лаком. Торцы втулок должны быть тщательно зачищены для обеспечения хорошего контакта втулок с центрирующими шайбами. В шайбах имеются отверстия для быстрого удаления электролита из внутренних полостей втулок.

На ряде описанных приспособлений (см. рис. 10, 13, 22) с наличием внутренних полостей предусматривается доступ в эти полости электролита во время электролиза и соответственно с этим изоляция необходимых поверхностей. В отличие от этого в приспособлении для осталивания ступицы шкива коленчатого вала (рис. 24) внутренняя полость ступицы при электролизе герметизируется от доступа электролита. Каждая из четырех ступиц, монтируемых одновременно в приспособлении, центрируется и крепится между верхней экранирующей шайбой 5 и нижней специальной гайкой 6. Для получения надежных результатов герметизация внутренней полости должна быть выполнена очень тщательно.

В подвесном приспособлении для клапанов дизеля ЗДб (рис. 25) в отличие от приспособления для клапанов двигателя автомобиля ГАЗ-51 (см. рис. 20) предусмотрен зажим головок клапанов в траверсе 3 с помощью пружинящих пластин, изготовленных из пружинной ста-

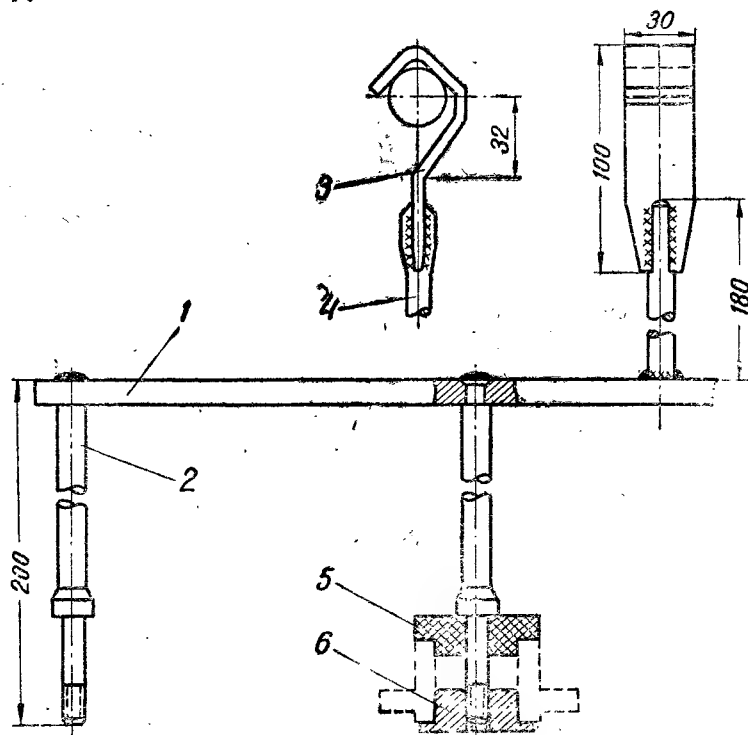


Рис. 24. Групповое подвесное приспособление для ступицы шкива коленчатого вала (на 4 детали):

1 — траверса; 2 — стержень контактный; 3 — крючок медный; 4 — стержень; 5 — шайба-экран; 6 — гайка специальная.

ли. Нижний конец стержня клапана изолируется лаком. Все металлические части подвески, соприкасающиеся с электролитом, защищаются лаком или пленкой пластика.

Изображенное на рис. 26 приспособление предназначено для осталивания посадочных поверхностей внутренних обойм шариковых и роликовых подшипников. Стой-

ка из нескольких обойм центрируется установочными кольцами 6 и 9, а анод из мягкой стали 7 — двумя текстолитовыми шайбами 3 и 10. Такое устройство обеспечивает одинаковое расстояние между анодной и катодной

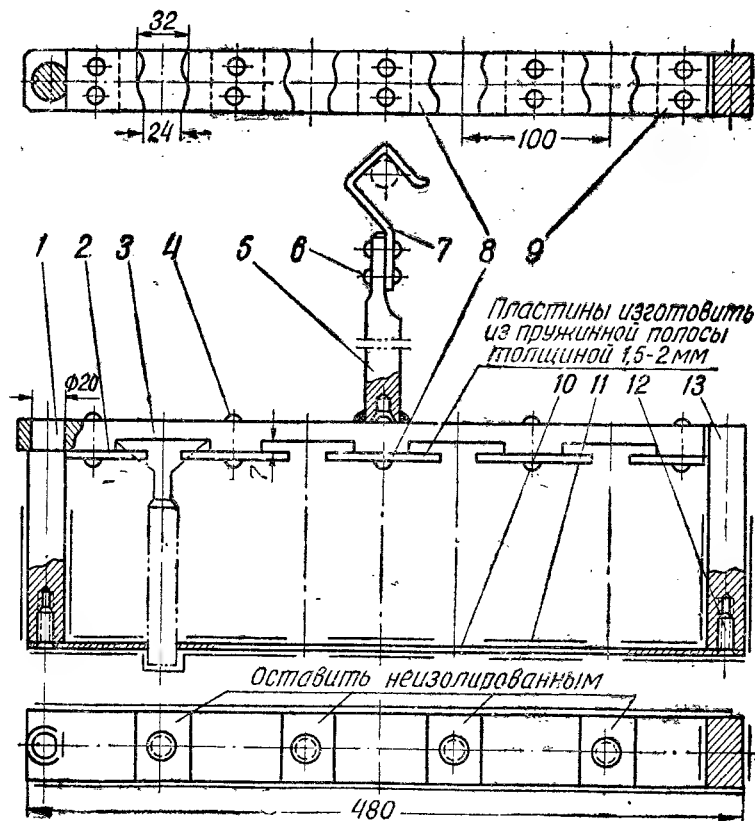


Рис. 25. Групповое подвесное приспособление (типа рамки) для клапанов дизеля ЗДб:

1 и 13 — стойки; 2, 8 и 9 — пружинящие пластины; 3 — траверса; 4 и 6 — заклепки; 5 — стержень; 7 — крючок медный; 10 — пластина-экран; 11 — изоляция; 12 — винт.

поверхностями и одинаковую толщину покрытия на всех участках покрываемой поверхности. Установочные кольца 6 и 9, кроме того, являются дополнительными катодами и выполняются по размерам ремонтируемых обойм.

Как видно из рисунков различных приспособлений,

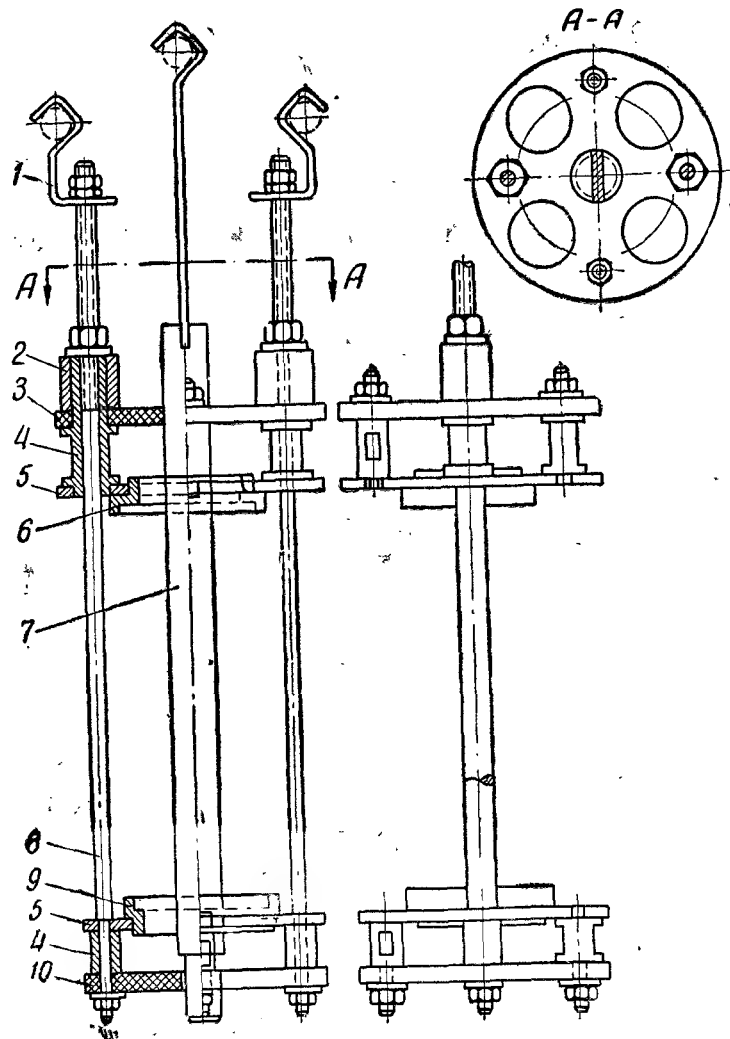


Рис. 26. Групповое подвесное приспособление для осталивания посадочной поверхности внутренней обоймы подшипника:

1 — крючок; 2 — втулка; 3 и 10 — текстолитовые шайбы; 4 — распорная втулка; 5 — кольца; 6 — верхнее установочное кольцо; 7 — анод; 8 — стойка; 9 — нижнее установочное кольцо.

для завешивания деталей в ванну используют имеющиеся на деталях гладкие и резьбовые отверстия, выступы, фланцы и т. п. Для деталей простых конфигураций, поступающих в цех небольшими партиями, иногда применяют припайку проволоки к детали.

При изготовлении подвесок и завешивании с их помощью деталей в ванну рекомендуется придерживаться следующих указаний.

Поперечное сечение частей подвески, подводящих ток, необходимо делать достаточно большим, чтобы можно было давать плотность тока до $50-80 \text{ а/дм}^2$ без заметного нагревания подвески или контактных поверхностей. Сечение токоподводящих частей подвески рекомендуется выбирать из расчета $0,3-0,5 \text{ а}$ проходящего тока на 1 мм^2 площади сечения проводника.

Между деталями и подвесками необходимо обеспечивать надежный контакт. Детали должны жестко крепиться в подвеске конусами, хомутиками или винтами. Контактные поверхности должны быть совершенно чистыми.

Все металлические проводящие поверхности подвесного приспособления, за исключением мест контактов и поверхностей дополнительных катодов, а также все не подлежащие осталиванию участки поверхности детали должны быть надежно изолированы, чтобы силовые линии тока концентрировались исключительно на покрываемых поверхностях и чтобы не было потерь металла.

Детали на подвеске должны быть расположены так, чтобы было обеспечено беспрепятственное удаление пузырьков водорода, выделяющегося при электролизе. Покрываемые поверхности должны располагаться для этой цели вертикально или наклонно, так как при горизонтальной завеске поверхностей пузырьки водорода могут скопиться на нижней стороне поверхности и явиться причиной появления здесь пористых мест.

Завешиваемые в ванну детали не должны экранировать друг друга, так как при этом увеличивается неравномерность покрытия.

Все находящиеся в электролите и проводящие ток детали подвески должны соединяться между собой сваркой, или склепыванием, или с помощью винтов и болтов.

В качестве материала для изготовления деталей подвески, погружаемых при работе в электролит, применя-

ется плоская или круглая сталь. Контактные крючки подвесок изготавливаются из меди или латуни. В сложных (анодно-катодных) приспособлениях для изоляции друг от друга анода и катода применяют пластинки, колодки или стержни из текстолита и других пластмасс, стойких против соляной кислоты.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕД ПОКРЫТИЕМ (окончательная)

После обезжиривания и промывки производится электрохимическая подготовка поверхности детали. Она включает анодную обработку в 30%-ном растворе серной кислоты, прогрев детали или выдержку без тока и постепенное доведение плотности тока до расчетного значения («разгон»).

Цель этого цикла подготовительных операций — обеспечить высокую сцепляемость покрытия с деталями.

Опыт покрытия деталей электролитическим хромом показывает, что этот весьма твердый и не обладающий монолитностью (структура хрома трещиноватая) металл надежно работает даже в очень тяжелых условиях эксплуатации. Надежность работы хромового покрытия обеспечивается хорошим сцеплением его с металлом деталей.

Высокая прочность сцепления с основным металлом является необходимым условием и при получении слоя электролитического железа на деталях. Поэтому при разработке технологических процессов твердого осталивания большое внимание уделяют вопросу обеспечения хорошей сцепляемости получаемых покрытий с деталями.

Сцепляемость электролитического покрытия с определенным металлом не является свойством самого покрытия, так как электролитический металл с определенными физико-механическими свойствами может быть получен независимо от характера его сцепляемости с основой. Однако как бы высоки ни были механические свойства покрытий, в том числе и износостойкость, их работоспособность решающим образом зависит от прочности сцепления с основой.

Высокая прочность сцепления электролитического железа с металлом деталей может быть обеспечена толь-

ко полной очисткой поверхности металла от жировых пленок и прочих загрязнений. Это требование выполняется при предварительной подготовке, описанной выше.

Однако чистота поверхности, то есть отсутствие на ней каких-либо загрязнений, не является единственным условием высокой прочности сцепления.

Как известно, поверхностные слои металла в результате механической обработки имеют разрушенную структуру, отличную от структуры нижележащих слоев металла и менее прочную. Помимо того, поверхностные слои деталей с разрыхленной структурой легко взаимодействуют с кислородом воздуха и легко окисляются.

Если такой ослабленный и окисленный металл поверхностных слоев не будет удален в процессе подготовки перед осталиванием, то сцепляемость покрытия с деталями будет невысокой. Поэтому в технологический процесс твердого осталивания включаются операции, при выполнении которых с поверхности деталей удаляется дефектный слой и обнажается неразрушенная и неокисленная структура металла.

Опытные данные показывают, что осаждение электролитического железа на чистом стальном катоде, свободном от каких-либо загрязнений и с хорошо протравленной поверхностью, обеспечивает срастание основы с осаждаемым металлом настолько прочное, что оказывается невозможным отделить покрытие от поверхности их раздела. В этом случае прочность сцепления электролитического железа со сталью выше прочности самого железа, и покрытие в условиях эксплуатации будет работать как одно целое с основным металлом.

Анодная обработка является важнейшей операцией подготовки деталей к наращиванию их электролитическим железом, оказывая решающее влияние на прочность сцепления покрытия с деталью. Этой операции необходимо уделять особое внимание как в процессе организации на участке рабочего места, так и при непосредственном выполнении самой операции.

Анодную обработку рекомендуется проводить в электролите следующего состава:

серная кислота H_2SO_4 — 30%-ный раствор;
железный купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 10—25 г/л;
удельный вес раствора — 1,23;
температура электролита — 18—25°.

В качестве катодов при анодной обработке применяют пластины из свинца или нержавеющей стали. Площадь катодов должна в 3—4 раза превышать площадь детали анода. При отсутствии указанных материалов можно употреблять стальные пластины. В последнем случае пластины необходимо вынимать из ванны и промывать после каждой партии деталей. Длительное пребывание в неработающей ванне стальных пластин приводит к избыточному обогащению электролита железом.

Анодная обработка имеет два назначения:

1) удаление с покрываемых поверхностей дефектного окисленного слоя металла и выявление кристаллической структуры покрываемого металла;

2) пассивирование поверхности детали, то есть создание на ней тончайшего защитного слоя для предохранения поверхности от коррозии при взаимодействии ее с электролитом при погружении детали в ванну.

Процесс анодной обработки деталей в сернокислом электролите состоит (рис. 27) из двух взаимно перекрывающихся процессов:

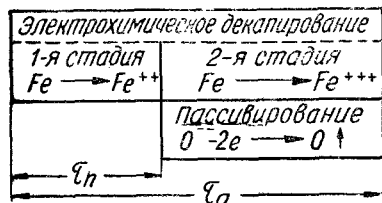


Рис. 27. Схема процесса обработки стали в растворе серной кислоты.

В первой (начальной) стадии электрохимического декапирования происходит усиленное травление поверхности детали, удаление толстых окисных пленок и дефектных поверхностных слоев металла. Продукты травления при этом остаются на поверхности анода в виде темного мажущегося налета (шлама). В раствор переходят ионы двухвалентного железа $Fe \rightarrow Fe^{2+}$.

Через некоторое время после начала обработки начинается второй процесс анодной обработки — процесс пассивирования, сопровождающийся резким повышением потенциала анода и снижением плотности тока.

При достаточно высоком потенциале анода происходит бурное выделение кислорода, пузырьки которого срывают травильный шлам с поверхности детали, и последняя становится очень чистой и свободной от каких-

либо загрязнений. Однако при этом на поверхности анода образуется очень тонкая пассивная пленка, защищающая в последующих операциях поверхность детали от соприкосновения с водой и электролитом.

Пассивностью называют состояние высокой химической устойчивости металла в некоторых условиях, если в сходных условиях тот же металл ведет себя как нормально активный, то есть химически неустойчивый. Так, после обработки в крепкой азотной кислоте обычное металлургическое железо становится пассивным, приобретая большую или меньшую устойчивость по отношению к кислотам, в которых оно до обработки было химически нестойким.

Согласно имеющимся представлениям, пассивная пленка, образующаяся на стали в результате анодной обработки ее в 30%-ном растворе серной кислоты, представляет собой тончайший мономолекулярный слой (толщиной в одну молекулу) кислорода, прочно связанного (адсорбированного) с поверхностными атомами металла. Кислород уменьшает химическую активность поверхности металла и предохраняет поверхность от взаимодействия с внешней средой (промывной водой и электролитом).

Вторая стадия декапирования стали, протекающая при наличии на ее поверхности пассивной пленки, продолжает процесс растворения поверхностных слоев детали. Однако при этом в раствор вместо ионов двухвалентного железа переходят ионы трехвалентного железа $Fe \rightarrow Fe^{3+}$.

Конечным результатом декапирования является образование чистой поверхности с отчетливо выявленной кристаллической структурой и со специфическим микрорельефом. Такое состояние поверхности обеспечивает получение весьма высокой прочности сцепления покрытия со стальными и чугунами деталями (4500—5000 кг/см²).

Приготовление электролита. Концентрированную серную кислоту (ГОСТ 4208—48) разбавляют водой¹ до удельного веса 1,22 и добавляют в раствор 10 г/л сернокислого закисного железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (ГОСТ 4148—48).

При отсутствии в цехе железного купороса произво-

¹ При разбавлении H_2SO_4 водой необходимо кислоту добавлять в воду, а не наоборот.

дят проработку электролита электрическим током, применяя в качестве анодов стержни из малоуглеродистой стали. Аноды при пропускании через ванну тока растворяются и обеспечивают накопление в электролите заданного количества железа. Для получения минимально необходимого количества $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ требуется пропустить через электролит 30 а-ч электричества на 1 л раствора.

Корректировка и контроль электролита. В процессе анодной обработки деталей состав электролита изменяется: в нем постепенно накапливается железо и уменьшается концентрация H_2SO_4 . Расход кислоты и накопление в электролите сернокислого железа происходит медленно. Поэтому химанализ электролита травления можно делать один раз в месяц или один раз в два-три месяца в зависимости от загрузки ванны. Согласно опытом данным, содержание сернокислого железа в электролите можно допустить до 50—60 г/л.

Определение содержания кислоты производится объемным способом — титрованием 0,2 N раствором NaOH. Для этого из отобранной пробы для анализа пипеткой берут 10 мл испытуемого электролита, переводят его в мерную колбу емкостью 100 мл, доливают до метки дистиллированной водой (уровень устанавливают по нижнему мениску) и хорошо перемешивают. Для титрования берут 5 мл этого раствора, переливают в колбу емкостью 250 мл, разбавляют водой до 100—150 мл и титруют с метилоранжем 0,2 N раствором NaOH до перехода окраски от розового до желтого цвета. Содержание (А) серной кислоты в электролите в граммах на литр определяется по формуле:

$$A = \frac{a \cdot k \cdot T \cdot 1000}{b} \text{ г/л,}$$

где $\bar{a}$ — количество мл 0,2 N раствора NaOH, пошедшего на титрование;

k — коэффициент нормальности титровального раствора (отношение нормальности имеющегося раствора к строго двудецинормальному);

T — титр 0,2 N раствора NaOH по серной кислоте, равный 0,009806;

b — количество электролита, взятого для титрования (в нашем случае оно равно 0,5 мл).

Для того чтобы выразить концентрацию кислоты в процентах, полученное титрованием значение A нужно разделить на 10, а затем на удельный вес по ареометру. Так, 30%-ный раствор серной кислоты содержит 366 г/л и имеет плотность 1,22.

Определение сернокислого железа в электролите анодной обработки производят так же, как и в электролите осталивания титрованием 0,1 N раствором KMnO_4 , только для анализа берут соответственно большее количество миллилитров электролита, так как содержание железа здесь небольшое. Поэтому в поллитровую колбу с 300—350 мл воды отмеривают пипеткой 10—15 мл электролита и быстро титруют. Раствор Рейнгардта можно не добавлять, так как титрование происходит в сернокислой среде. Расчет ведется по формуле:

$$A_{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = \frac{a \cdot T_{\text{Fe}} \cdot 4,72 \cdot 1000}{b} \text{ г/л,}$$

где a — количество миллилитров раствора перманганата;

T_{Fe} — титр раствора перманганата по железу;

b — количество электролита, взятого для анализа, мл;

4,72 — коэффициент пересчета с Fe на $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Выбор режимов анодной обработки. Анодную обработку рекомендуется выполнять следующим образом: обезжиренную деталь после тщательной промывки водой погружают в качестве анода в электролит указанного состава и обрабатывают в нем в течение 0,5—3 мин. при плотности тока $D_a = 10—70 \text{ а/дм}^2$ и комнатной температуре.

Правильно обработанная на аноде поверхность детали должна иметь характерный матовый, тускло-серебристый цвет. Наличие на поверхности темных пятен и каких-либо следов травильного шлама не должно допускаться.

Наблюдение за процессом травления можно вести по показаниям вольтметра. Резкое скачкообразное поднятие напряжения указывает на окончание растворения окисной пленки. Выдержав в электролите еще 5—90 сек., деталь вынимают из ванны, промывают в горячей воде и сразу же завешивают в ванну осталивания.

Детали перед травлением промывают только холод-

ной водой, так как незначительное повышение температуры электролита или детали нарушает режим обработки и может привести к неудовлетворительным результатам.

При заданном составе электролита минимальные значения длительности обработки и плотности тока зависят от химического состава и структуры металла детали. Так, например, хорошие результаты по прочности сцепления осадков железа на деталях из стали 20 обеспечивает следующий режим анодной обработки: анодная плотность тока $D_a = 10 \text{ а/дм}^2$ и длительность обработки $\tau_a = 2$ мин. Детали из стали 45, закаленные током высокой частоты, следует уже обработать при режиме: $D_a = 60 \text{ а/дм}^2$, $\tau_a = 2$ мин.

В производственных условиях, чтобы обеспечить для деталей различных наименований единый режим анодной обработки, задают значения D_a и τ_a по наибольшему их значению, то есть задают для всех деталей: $D_a = 60\text{—}70 \text{ а/дм}^2$ и $\tau_a = 2\text{—}3$ мин.

Необходимо помнить, что закаленная сталь требует более интенсивной анодной обработки по сравнению с незакаленной.

Получение прочносцепляющегося покрытия на закаленных сталях представляет собой большие трудности, чем на незакаленных сталях. Поэтому в отдельных случаях обработки закаленных стальных деталей операцию анодного травления необходимо выполнять повторно, для того чтобы добиться лучшего протравливания поверхности.

При проектировании технологического процесса на новую деталь необходимо принимать во внимание физическое состояние поверхностных слоев ее металла и, учитывая сказанное выше о назначении анодной обработки, добиваться положительного результата на опытных деталях.

Режим травления зависит также и от состава электролита. При травлении в 30% H_2SO_4 без добавки $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ заданный режим травления должен выдерживаться очень точно. Небольшие отклонения плотности тока и продолжительности анодной обработки вызывают отслоение покрытия при осталивании.

При добавлении $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в электролит последний работает значительно мягче (менее активно). Накопле-

ние в электролите $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ более 10 г/л приводит к тому, что требуемое качество поверхности достигается при более высокой плотности тока. Поэтому режимы анодного травления необходимо корректировать по мере увеличения в электролите концентрации.

Неполадки при анодной обработке и способы их устранения приведены в табл. 5.

Промывка водой. После анодной обработки детали тщательно промывают водой, для того чтобы добиться полного удаления остатков кислоты из всех полостей и углублений. Промывку производят под душем, а также путем повторного погружения в воду. Для промывки небольших деталей весом до 1—1,5 кг применяют холодную воду.

Массивные детали промывают водой, имеющей температуру 60—70°. В этом случае промывка имеет двойное назначение:

- 1) удаление с детали остатков раствора серной кислоты;
- 2) подогрев детали для создания более благоприятного теплового режима на следующих стадиях технологического процесса.

Длительность промывки деталей в подогретой воде зависит от конфигурации и веса деталей и может быть принята для небольших деталей 5—10 сек. и для массивных до 5 мин.

Перенос подогретых в воде деталей в ванну осталивания следует производить с такой быстротой, чтобы не высохла водяная пленка на поверхности деталей. В этом случае возможно отслаивание покрытия.

Выдержка деталей в ванне без тока и постепенное повышение плотности тока. Пассивная пленка, полученная на поверхности детали при анодной обработке с целью защиты поверхности от соприкосновения с водой и железным электролитом, должна быть непосредственно перед осталиванием разрушена. Это делается для того, чтобы первые атомы железа прочно осаждались на совершенно чистую поверхность и прочно с ней сцеплялись.

Разрушение пассивной пленки, или, как говорят, активирование ее, происходит при выполнении операций «выдержка в ванне осталивания без тока» и «постепенное повышение плотности тока». Пассивная пленка взаимодействует при этом с ионами водорода, имеющимися в

Таблица 5

Неполадки при анодной обработке и их устранение

Неполадки	Причина	Способ устранения
Бурное выделение пузырьков газа (водорода) на поверхности	Неправильная полярность ванны	Изменить направление тока
Поверхность детали не утратила блеска	Поверхность недотравлена (1-я стадия)	1. Увеличить время травления или плотность тока до подскакивания стрелки вольтметра и выдержать 5—90 сек. 2. Проверить проводку и надежность контактов
Наличие черной несмываемой пленки на поверхности травления	Поверхность недотравлена: не снялась окисная пленка (2-я стадия)	То же
Наличие смывающегося шлама на поверхности травления	Поверхность перетравлена	Смыть шлам, просушить деталь, зачистить поверхность мелкой наждачной шкуркой, протереть венской извесью, промыть и снова травить или с сокращением времени, или с уменьшением плотности тока
Наличие черных пятен, полос, колец на поверхности травления	1. Неравномерность распределения силовых линий на поверхности травления 2. Неоднородность материала детали	Прокрацевать и промыть свинцовые аноды, проверить размещение их вокруг детали. Смыть шлам с поверхности детали, просушить деталь, зачистить поверхность мелкой наждачной шкуркой и подготовить ее к повторному травлению
Поверхность недотравливается при нормальной плотности тока и нормальной продолжительности травления	Накопление железа в электролите свыше допустимого	1. Удлинить время травления или увеличить плотность тока 2. Корректировать или обновить электролит по данным предварительного химанализа

электролите, и с водородом, выделяющимся на катоде вместе с металлом. Происходит так называемое «восстановление» пленки водородом. Пленка восстанавливается до металлического состояния.

Исключение из технологического процесса подготовки деталей рассматриваемых операций приводит, как правило, к отслаиванию покрытий. Поэтому при оставлении деталей необходимо обеспечить правильное проведение операций «выдержка без тока» и «постепенное повышение плотности тока».

Успешное протекание реакции восстановления пассивной пленки требует определенных температурных условий. Опытами установлено, что при снижении температуры электролита прочность сцепления электролитического железа со сталью снижается. То же происходит, когда холодная деталь завешивается в ванну и на нее сразу подается полная расчетная сила тока.

Таким образом, для правильного протекания процесса «восстановление» пленки необходимо, чтобы и температуры поверхностных слоев металла детали и прилегающих к ней слоев электролита (прикатодных слоев) были одинаковы и близки к температуре самого электролита.

С этой целью в технологический процесс подготовки включена операция «выдержка без тока». При осуществлении этой операции деталь постепенно прогревается и принимает температуру, близкую к температуре электролита. В ходе прогрева самой детали происходит вначале охлаждение слоев электролита, окружающих деталь, и лишь по истечении определенного времени температура прикатодного слоя электролита выравнивается.

Время выравнивания температуры электролита зависит от массивности детали: чем массивнее деталь, тем длительнее должен быть ее прогрев в ванне. Однако чрезмерно длительная выдержка в электролите вызывает коррозию поверхности детали, образование на ней толстого окисного слоя и, как следствие, отслаивание покрытия от детали.

Отрицательное влияние начального охлаждения прикатодного слоя особенно сказывается на массивных деталях (шпиндели металлорежущих станков, крупные валы и др.). Поэтому такие детали рекомендуется перед оставлением прогревать в воде, нагретой до 60—70°.

При таком варианте процесса подготовки «длительность выдержки» сводится до минимума (до 10—20 сек.).

Перед завешиванием деталей в ванну осталивания необходимо:

а) тщательно зачистить все контакты токоподводящих устройств и надежно закрепить их;

б) проверить уровень электролита в ванне осталивания по показателю уровня, закрепленному у стенки ванны, или специально приготовленной линейкой;

в) проверить кислотность электролита и, если она недостаточна (менее 0,5 г/л HCl), добавить соляной кислоты. Проверка кислотности производится титрованием или с помощью индикаторной бумаги;

г) подсчитать необходимую силу тока для осталивания в соответствии с общей площадью деталей S_k , дм^2 , завешиваемых в ванну, и выбранной плотностью тока D_k по формуле $I = S_k \cdot D_k$. Режим осталивания выбирается в зависимости от конструкции детали и условий ее работы, то есть от требуемых качеств покрытия (см. ниже);

д) завесить аноды.

При одновременном осталивании в ванне нескольких деталей необходимо, чтобы анодно-катодные расстояния для всех деталей были одинаковыми, так как при неодинаковых расстояниях плотность тока на поверхностях различных деталей будет различная, что вызовет неоднородность покрытия и по толщине, и по качеству.

После выполнения операции «выдержка без тока» деталь, не вынимая из ванны осталивания, подвешивают на катодную штангу и включают ток. Вначале плотность тока задается равной 3—5 а/дм², а затем в течение 5—10 мин. поднимается до расчетного значения. При постепенном увеличении плотности тока уменьшается поглощение водорода нижними слоями, выравнивается количество его в верхних и нижних слоях, снижаются внутренние напряжения в осадке и увеличивается прочность сцепления покрытия с основным металлом.

ОСТАЛИВАНИЕ

Продолжительность наращивания деталей железом по заданной толщине покрытия (h мм) и заданной плотности тока D_k может быть определена из выражения:

$$\tau_k = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot h}{c \cdot D_k \cdot \alpha_k},$$

где τ_k — продолжительность наращивания, час.;

$\gamma = 7,8$ — удельный вес железа, г/см³;

$c = 1,042$ г/а-ч — электрохимический эквивалент;

α_k — катодный выход железа по току, %.

Указанное выражение может быть приведено к более простому виду. Согласно результатам проведенных исследований выход железа по току при применяемых на практике режимах получается не ниже 85%. Принимая связанные с неравномерностью распределения железа на катоде потери в 10%, будем иметь расчетный выход железа равным 75%.

Подставляя известные данные в приведенное выше выражение, имеем:

$$\tau_k = \frac{1000 \cdot \gamma}{c \cdot \alpha_k} \cdot \frac{h}{D_k} = \frac{1000 \cdot 7,8}{1,042 \cdot 75} \cdot \frac{h}{D_k} = 100 \frac{h}{D_k} \text{ час.}$$

Необходимая толщина покрытия h определяется по выражению:

$$\text{для валов } h = \frac{d_n - d_0 + \delta_1 + \delta_2}{2} \text{ мм,}$$

$$\text{для отверстий } h = \frac{d_0 - d_n + \delta_1 + \delta_2}{2} \text{ мм,}$$

где d_n — номинальный, или ремонтный, размер детали, мм;

d_0 — размер изношенной детали перед осталиванием, мм;

δ_1 — припуск (по диаметру) на механическую обработку перед осталиванием, выполняемую с целью устранения следов износа, мм;

δ_2 — припуск (по диаметру) на окончательную механическую обработку, мм.

Припуск на обработку зависит от режима осталивания, толщины покрытия, состояния базовых поверхностей для механической обработки, конфигурации и размеров детали. Ориентировочно величину припуска на каждый миллиметр толщины покрытия следует принимать равной 0,10—0,15 мм для последующего шлифования и 0,20—0,25 мм для токарной обработки.

Гладкие покрытия при твердом осталивании получают толщиной до 1,0—1,2 мм. Для получения более толстых покрытий процесс наращивания осуществляется в

несколько приемов с повторением после каждого слоя всего цикла операции подготовки. Прибавление в электролит 100 г/л хлористого марганца позволяет получить при одноразовой завеске гладкое покрытие толщиной до 1,8—2,0 мм.

Если при осталивании процесс прервался, например, вследствие перерыва в подаче тока, то для возобновления его необходимо:

- вынуть деталь из ванны,
- промыть горячей водой,
- провести анодную обработку в растворе серной кислоты,
- промыть деталь горячей водой,
- завесить деталь в ванну.

Аноды и анодные чехлы. Процесс осталивания осуществляется обычно с растворимыми анодами. Для уменьшения загрязнения электролита анодным шламом применяют аноды из малоуглеродистой стали с малым содержанием углерода и других примесей (сталь 2, 10, 20).

Общее количество анодов при завеске в ванну определенной партии деталей рассчитывают так, чтобы выдержать соотношение между анодной (S_a) и катодной (S_k) поверхностями в пределах от 1 до 2.

Отношение $S_a : S_k$ влияет на равномерность и механические свойства покрытия и на содержание в электролите трехвалентного железа.

При $S_a : S_k = 1+2$ осадок получается матовый, гладкий, равномерный по всей поверхности.

При соотношении $S_a : S_k < 1$ увеличивается анодная плотность тока, процесс растворения анодов затрудняется и на катодной поверхности появляются продольные борозды. На это обстоятельство необходимо обращать внимание при осталивании внутренних поверхностей. В этом случае, чтобы обеспечить более благоприятное соотношение $S_a : S_k$, необходимо сохранять минимальным расстояние между поверхностями анода и катода. Однако с уменьшением расстояния между электродами покрытия становятся более шероховатыми, так как сокращается путь движения к катоду твердых частиц анодного шлама. Для получения более равномерного распределения металла по поверхности детали это расстояние необходимо поддерживать одинаковым со всех

сторон, то есть правильно центрировать анод относительно катода.

Размеры анодов должны соответствовать контуру детали. Применение более широких и длинных анодов, выходящих за пределы контура, приводит к образованию дендритов на концевых участках детали.

При осталивании цилиндрических деталей по наружному диаметру обычно применяют стержневые аноды, изготовленные из круглой прутковой стали. Однако применение круглых анодов связано с нарушением заданного режима осталивания, вследствие того что стальные электроды быстро растворяются, интенсивно уменьшается их диаметр, а следовательно, и полезная площадь. Поэтому более целесообразно применять пластинчатые стальные аноды толщиной 6—10 мм; ширина анодов равна 40—50 мм. Количество анодов и длину их выбирают в зависимости от площади, предназначенной для осталивания, и габаритов деталей.

Для получения более равномерного покрытия используют профильные аноды, которые располагают concentрически относительно поверхности. В профильных анодах делают отверстия и прорезы для циркуляции электролита между анодом и катодом. Циркуляция обеспечивает подвод ионов железа в прикатодный слой и удаление газов.

В процессе электролиза стальные аноды интенсивно растворяются, и на их поверхности образуется анодный шлам в виде темно-серого рыхлого слоя, состоящего из углерода, серы и других нерастворимых примесей, входящих в состав металла анода. Эта пленка создает сопротивление току и вызывает повышенное напряжение на зажимах ванны. Кроме того, шлам загрязняет электролит. Частицы шлама могут осаждаться на катоде вместе с металлом, и на поверхности катода образуются различные неровности.

Поэтому стальные аноды необходимо в процессе электролиза периодически вынимать из ванны и тщательно очищать от шлама ручной стальной щеткой. Очистку следует вести под струей проточной воды.

Перед завешиванием в ванну новых анодов их обезжиривают, промывают в воде, травят в соляной кислоте и очищают до блеска стальной щеткой.

Завешивать аноды в электролит следует одновремен-

но с загрузкой ванны деталями и вынимать по окончании процесса. Это предупреждает бесполезное растворение анодов и ненужный расход кислоты в кислом электролите.

При завеске деталей и анодов в ванну, а также во время работы необходимо обеспечить хороший контакт

между крючками и токонесущими штангами. Неисправность контактов вызывает потери напряжения, нарушает распределение тока между деталями и приводит к неравномерному покрытию детали по толщине.

Для уменьшения загрязнения электролита шламом следует помещать аноды в чехлы из кислотостойкой ткани (стеклянной, асбестовой или шерстяной). По окончании электролиза чехлы необходимо тщательно промыть.

Аноды должны размещаться в чехлах (мешках) свободно во избежание порчи чехлов. Можно делать широкие

чехлы для нескольких анодов (рис. 28).

Для изготовления анодных мешков (чехлов) успешно применяется стеклянная ткань. В настоящее время ткани из стеклянного волокна выпускаются двух типов:

а) алюмомагнезиальные, изготовленные из щелочного стекла;

б) алюмоборсиликатные, изготовленные из бесщелочного стекла.

Для работы в кислых горячих растворах хлористого железа следует применять стеклянные ткани, изготовленные из алюмомагнезиального стекла, как наиболее химически стойкие в железном электролите. Бесщелочные стеклоткани в этих условиях не могут быть исполь-

зованы из-за их нестойкости. Срок службы анодных мешков из щелочной ткани, по опыту заводов, равен 2,5—3 месяцам.

Для изготовления анодных чехлов рекомендуется стеклоткань марки «Гарнитур щелочной Ш 9м» (состав стекла — щелочной, переплетение — гарнитурное, число сложений 16, плотность 16/10).

Для определения типа стекла можно пользоваться следующей пробой (фенолфталейновая проба). Кусочек стеклянной ткани слегка прокаливает над пламенем газовой горелки или спиртовки для выжигания органических веществ, проклеивающих стеклянную нить. После выжигания ткань должна быть светлой, свободной от частиц углерода. Кусочек ткани тщательно прополаскивают горячей дистиллированной водой для удаления золы от выжженных проклеивающих веществ. Затем пипеткой наносят на него несколько капель водно-спиртового раствора фенолфталейна. Если стекло алюмомагнезиальное (содержащее до 15% Na_2O), ткань окрашивается в ярко-красный или ярко-розовый цвет. Бесщелочное стекло при этой пробе дает едва заметное розовое окрашивание. Кроме того, щелочные стеклоткани технического назначения, как правило, имеют слегка голубоватый оттенок, получаемый от введения красителя в замасливатель.

При изготовлении чехлов особое внимание следует уделять заделыванию швов, так как у краев стеклоткани нити легко выпадают и образуют бахрому. Поэтому необходимо, чтобы швы ткани были плотно и прочно заделаны. Для этого при сшивании мешков ткань в швах загибают два раза, а затем прошивают вощеной крученой нитью из стеклянного волокна. Сшивать мешки можно также нитью, выдернутой из стеклянной или хлорвиниловой ткани.

Хорошие результаты дает склеивание концов ткани кислотостойким клеем, например БФ-2.

После изготовления мешки необходимо прокипятить в воде 2—3 час., а затем прополоскать горячей водой для удаления замасливателя, пропитывающего ткань. Удаление замасливателя из ткани предупреждает загрязнение электролита. Полнота удаления замасливателя контролируется нанесением на стеклоткань несколь-

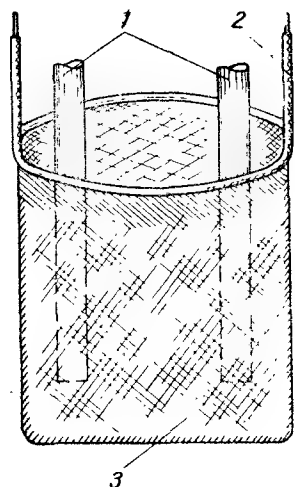


Рис. 28. Анодный чехол для двух анодов:

1 — аноды; 2 — проволока с перхлорвиниловой изоляцией; 3 — чехол из стеклянной ткани.

ких капель фенолфталеина, который при отсутствии замасливателя на стеклоткани дает моментально ярко-красное окрашивание. При наличии замасливателя на стеклоткани окрашивание наблюдается через 5—10 мин.

Чехлы подвешиваются в ванне на анодные штанги с помощью проволоки в хлорвиниловой изоляции, заделываемой в верхний шов чехла для обеспечения жесткости. Чехол можно также крепить непосредственно на аноде с помощью тесьмы, сшитой из той же стеклянной ткани.

Во время работы чехлы, изготовленные из стеклоткани, следует предохранять от механических воздействий: при извлечении анода из ванны избегать трения чехла о штангу, не допускать касания ребер анода о чехол, не допускать при осталивании соприкосновения чехла с деталью (во избежание наращивания на чехле железа) и т. п.

Очистку стеклоткани от шлама рекомендуется производить волосяной щеткой с одновременным прополаскиванием в теплой воде.

В процессе изготовления чехлов из стеклоткани необходимо соблюдать правила техники безопасности для предохранения организма от попадания стеклянной пыли: работу производить в халатах и перчатках; нос и рот защищать повязкой, изготовленной из двух-трех слоев марли.

Размещение деталей в ванне. Производительность процесса осталивания и качество покрытия зависят и от размещения деталей в ванне. При загрузке ванны необходимо обеспечить между отдельными деталями достаточное расстояние, чтобы они не могли экранировать друг друга.

Расстояние между анодами и деталями устанавливается в зависимости от размеров и конфигурации деталей. Чем больше детали и чем сложнее их конфигурация, тем больше должно быть расстояние между ними. Увеличение расстояния между деталями и анодами способствует более равномерному осаждению металла. Однако применение больших расстояний часто лимитируется размерами ванны.

При осталивании цилиндрических деталей с применением стержневых анодов расстояние между деталями

следует брать равным 1,5—2 диаметрам детали. Длинные детали следует размещать более свободно.

Загружая в ванну сразу несколько деталей, необходимо проследить, чтобы переходные сопротивления в местах контактов были одинаковы. При неодинаковых контактных сопротивлениях плотность тока, а следовательно, и скорость осаждения железа будут неодинаковы на различных деталях и будут отклоняться от расчетных.

Верхние концы деталей должны располагаться ниже уровня электролита на 5—10 см, нижние концы — не ближе 10—15 см от дна ванны, чтобы шлам, накапливающийся в нижних слоях, не мог явиться причиной получения шероховатых или пористых осадков железа.

Обслуживание ванны осталивания. Техническое обслуживание ванны осталивания, как и других гальванических ванн, должно быть регулярным.

В текущее обслуживание ванны включается:

- 1) поддержание постоянной температуры электролита;
- 2) поддержание постоянной плотности тока;
- 3) контроль и корректировка кислотности электролита;
- 4) контроль и корректировка состава электролита;
- 5) поддержание постоянного уровня электролита;
- 6) контроль прозрачности и фильтрация электролита;
- 7) уход за анодами и штангами ванны.

Поддержание постоянной температуры электролита является обязательным условием получения качественных покрытий. Если в процессе осталивания будут допущены колебания температуры, то твердость покрытий и другие его свойства начнут соответственно изменяться и будут различными как по поверхности, так и по толщине. Неоднородность свойств слоя по поверхности и толщине вызывает появление дополнительных внутренних напряжений и снижает работоспособность покрытия. Поэтому при осталивании рекомендуется допускать колебания температуры в пределах не более $\pm 1,0^\circ$.

Плотность тока при осталивании, заданная по технологическому процессу, должна выдерживаться постоянной, без больших колебаний. Значительные колебания тока вызывают неоднородность свойств покрытия по толщине и, кроме того, отражаются на скорости осажде-

ния металла. Это затрудняет определение длительности процесса для получения слоя заданной толщины.

Поддержание уровня электролита. Железный электролит вследствие высокой температуры процесса подвергается интенсивному испарению. Интенсивность испарения зависит от температуры электролита и его состава.

При повышении концентрации электролита интенсивность испарения заметно падает. Для нормальной работы ванны осталивания необходимо поддерживать постоянный уровень электролита, непрерывно подавая в ванну воду, желательно горячую.

В цехах, где имеется пар, для доливки ванны следует использовать горячий конденсат пара, не загрязненный маслом.

Добавление в ванну воды рекомендуется совмещать с добавлением кислоты. Для этой цели над ванной помещают бачок, наполненный подкисленной водой, которая через резиновую трубку подается в ванну и пополняет ее (см. ниже).

С целью уменьшения испарения электролита рекомендуется покрывать его тонким слоем кусочков пенопласта (размером 2—4 см³). Вследствие сокращения свободного зеркала ванны при такой защите значительно уменьшаются тепловые потери от испарения. Плавающие на поверхности электролита кусочки пенопласта не мешают загрузке и выгрузке деталей.

Фильтрация электролита. Гладкие, беспористые покрытия на деталях получаются лишь при работе в чистом прозрачном электролите. Помутнение, вызванное гидролизом электролита при снижении его кислотности или накоплением в нем взвешенных частиц шлама, становится причиной образования неровных, шероховатых осадков. В этом случае никакие изменения режима электролиза не улучшают осадка. Только тщательная фильтрация электролита устраняет неровности на поверхности покрытия.

Фильтрация электролита может быть периодической или непрерывной. Периодичность фильтрации зависит от состава применяемых анодов, качества анодных чехлов и плотности тока. При средней интенсивности процесса и работе ванны в одну смену периодичность фильтрации следует принимать от 5—7 до 10—15 дней. При непре-

рывной фильтрации следует выбрать кратность обмена электролита в ванне равной 3—4 объемам в смену.

Для фильтрования электролита рекомендуется стеклоткань. При изготовлении фильтров стеклоткань необходимо укладывать на решетки или сетки из кислотостойкого материала (винипласт, текстолит и т. п.). При работе стеклоткани в качестве фильтров допускается небольшое ее провисание.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИИ

Опыт наращивания большого количества образцов и деталей показывает, что хлористые железные электролиты различной концентрации (от 200 до 600 г/л $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) дают покрытия, вполне удовлетворительные по внешнему виду и свойствам.

Каждому составу и каждой температуре соответствуют очень широкие интервалы плотности тока и кислотности, при которых получают работоспособные покрытия. При этом все условия электролиза — состав и кислотность электролита, температура ванны и плотность тока — являются взаимозависимыми в отношении их влияния на свойства покрытий. Изменение хотя бы одного параметра за допустимые пределы его значений отражается на качестве покрытия, вызывая появление различных дефектов: шероховатостей и наростов, различных пор и воронкообразных углублений, трещин, отслоений, дендритов и т. п.

Соблюдая надлежащие условия электролиза, брак можно свести к минимуму.

Одним из наиболее серьезных дефектов покрытий, получаемых при осталивании, является шероховатость. Появление шероховатости на поверхности детали не является признаком ее выбраковки. После механической обработки такие детали могут быть поставлены на машину, если будет выдержан заданный размер. Однако появление бугорков на поверхности детали во время электролита вызывает необходимость прекращения процесса, так как образовавшиеся бугорки в дальнейшем прогрессивно растут и реальное увеличение толщины осадка прекращается. Шероховатость, таким образом,

ограничивает возможность получения более толстых покрытий.

Шероховатость (бугорчатость) поверхности покрытия вызывается двумя причинами:

неравномерным ростом кристаллов, вызванным местным повышением плотности тока на неровностях и острых выступающих кромках и углах деталей;

осаждением на покрываемой поверхности посторонних твердых частиц, также вызывающих местное повышение плотности тока.

Расположение бугорков прежде всего определяется характером неровностей, образовавшихся при механической обработке и на острых не защищенных изоляцией кромках и гранях детали. Так, например, при осталивании образца, обработанного резцом, бугорки располагаются по винтовой линии соответственно направлению следов обработки.

Наиболее интенсивно рост бугорков происходит на острых и выступающих кромках и углах детали. Интенсивность образования бугорков зависит от плотности тока, температуры и длительности электролиза. Например, при очень большой плотности тока бугорки появляются уже через несколько минут после начала электролиза, и, наоборот, при малой плотности тока образование бугорков начинается лишь после нескольких часов электролиза.

Бугорки на кромках образуются вначале в виде почковидных наростов, которые постепенно по мере увеличения длительности электролиза превращаются в ветвистые дендриты.

Чем выше плотность тока, тем большие требования должны быть предъявлены к качеству изоляции и конструкции подвески, то есть должны быть проведены мероприятия, способствующие более равномерному распределению тока на покрываемой поверхности.

В загрязненном электролите частицы шлама — электропроводящие окислы, графит и т. п. — оседают на поверхности катода и образуют на нем микроскопические неровности. На этих неровностях концентрируются силовые линии тока, возникает местное повышение плотности тока и вырастают бугорки в виде острых игл. Если процесс электролиза длительный, то шероховатость становится настолько большой, что покрытие начинает на-

поминать щетку. Электролиз продолжительностью 2—3 час. в загрязненном электролите приводит к образованию на иглах ветвистых дендритов. При помутнении электролита покрытие становится шероховатым даже при небольшой плотности тока.

Изменение кислотности в пределах 0,5—7 г/л HCl не отражается заметно на внешнем виде осадка, если только электролит остается прозрачным. С уменьшением кислотности до 0,2 г/л HCl, когда в электролите начинается выпадение коллоидальной гидроокиси железа (раствор мутнеет), свойства осадка начинают резко ухудшаться. Осадок становится более хрупким, и на нем появляются в большем или меньшем количестве поры и воронкообразные углубления.

Перерыв тока не оказывает влияния на внешний вид покрытий, но отрицательно сказывается на их свойстве. После перерыва тока на поверхности катода вновь начинается осаждение металла. Появившийся при этом новый слой не является продолжением старого, а образуется как бы заново. В результате осадок получается слоистый. Сцепление между двумя слоями покрытия, как правило, слабее сцепляемости между первым слоем и поверхностью катода.

Для предупреждения слоистости необходимо после перерыва тока повторить операцию анодной обработки в растворе серной кислоты.

Неправильное выполнение операций анодной обработки и последующей «выдержки без тока» может вызвать отслаивание и шелушение покрытия. При недостаточно высокой прочности сцепления, обусловленной неудовлетворительной подготовкой детали перед осталиванием, покрытие растрескивается и отслаивается (приподнимается у краев детали или вдоль трещин) или шелушится в виде более или менее крупных лепестков. Отслаивание характерно для покрытий, имеющих твердость 300—350 кг/мм². Шелушение характерно для более твердых покрытий.

Для того чтобы предупредить появление брака, рекомендуется в процессе работы ванны производить непрерывное наблюдение за внешним видом электролита и за всеми изменениями, происходящими в нем: изменение цвета и прозрачности электролита, помутнение и характер помутнения; цвет, величина, форма и количество взвесей

(посторонних плавающих частиц) в электролите; интенсивность выделения газов на аноде и катоде; уровень электролита и интенсивность его испарения. Такое наблюдение позволяет в сравнительно короткий срок научиться быстро определять неисправности в работе ванны и характер влияния их на свойства покрытий. Своевременное обнаружение и устранение неисправностей позволит свести брак при оставлении до минимума.

Наиболее характерные дефекты покрытий, причины их появления и способы предупреждения и устранения приведены в табл. 6.

Детали, вынутые из ванны покрытия, после промывки проверяются на качество покрытий. Проверка качества покрытия в производственных условиях включает в себя:

внешний осмотр поверхности невооруженным глазом и через лупу;

определение твердости покрытия набором эталонных напильников;

замер размеров поверхностей штангенциркулем, микрометром, скобой и др.;

технологические пробы.

При внешнем осмотре следует обратить внимание на блеск, цвет, плотность осадка, гладкость поверхности (острые или бородавчатые наросты), отслоения и характер наростов на острых кромках. Хорошее покрытие должно быть гладким, без значительного количества бугорков, не должно иметь большого количества дендритов, разрывов, шелушения, вздутия, затеков и прочих видимых дефектов.

Технологические пробы производятся на специальных образцах — «свидетелях», которые завешиваются в ванну вместе с деталями. На «свидетелях» проверяется скорость отложения металла, качество поверхности и прочность сцепления покрытия с покрываемым металлом. «Свидетели» изготавливаются из того же металла, что и завешиваемые в ванну детали, и подвергаются такой же термической обработке.

Прочность сцепления проверяется:

1) эксцентричным обтачиванием или шлифованием осталенных образцов при резких режимах резания, но это не должно приводить в выкрошиванию покрытия на границе его с металлом образца;

2) изгибом на 90° осталенного образца — в этом слу-

Таблица 6

Дефекты осадков, получаемых при твердом оставлении в растворах хлористого железа, причины их и способы предупреждения и устранения

Характер дефектов	Причина	Способы предупреждения и устранения
Бугристый осадок с неровностями округлой формы	1. Чрезмерно высокая плотность тока 2. Недостаточно высокая чистота поверхности перед оставлением	1. Снизить плотность тока 2. Повысить чистоту механической обработки перед оставлением
Шероховатый осадок с неровностями игольчатой формы	1. Загрязнение электролита анодным шлаком 2. Избыток трехвалентного железа в электролите (окисленный электролит)	1. Фильтровать электролит 2. Восстановить электролит проработкой током (см. стр. 29).
Разрывы и заворачивание осадка (при мягком покрытии). Шелушение осадка (при твердом покрытии)	1. Неудовлетворительное обезжиривание 2. Неправильный режим анодной обработки	1. Добиться полного удаления жировой пленки перед оставлением 2. Обеспечить необходимые условия анодной обработки
Чрезмерный рост дендритов на остриях и кромках детали	1. Чрезмерно большие размеры анодов и неправильное их расположение 2. Неудовлетворительная экранировка и защита детали	1. Правильно выбрать размеры анодов и их расположение 2. Обеспечить правильную экранировку и защиту детали при завешивании
Затеки, частичное отставание на концах детали, непокрытые участки	1. Плохая промывка после анодного травления 2. Плохая очистка деталей от масляных загрязнений и ржавчины	1. Тщательно промывать после анодного травления 2. Тщательно очистить детали

Характер дефектов	Причина	Способы предупреждения и устранения
Слоистость покрытия	1. Перерывы тока 2. Резкие колебания кислотности и температуры при электролизе	1. Не допускать перерывов тока 2. Обеспечить правильное течение обслуживания ванны во время процесса осталивания
Затеки и частичное отслаивание осадка на границе изоляции	1. Недостаточная сушка качественно-го изоляционного материала 2. Неудовлетворительное качество изоляционного материала	1. Увеличить время сушки и температуру (если это допустимо) при сушке изоляции 2. Заменить изоляционный материал более качественным
«Сажистый» осадок	Несоответствие между кислотностью электролита и параметрами режима	Повысить кислотность электролита и выбрать более мягкие режимы
Продольные борозды и затеки на поверхности	Малая кислотность электролита	Повысить кислотность электролита
Места, защищенные изоляцией, обрастают дендритами	1. Недостаточная толщина изоляционной пленки 2. Неудовлетворительное качество изоляции	1. Увеличить количество слоев изоляционного материала или его толщину 2. Сменить изоляцию
Детали полностью или частично не покрываются железом	1. Нарушен контакт в анодной или катодной цепи 2. Неправильная полярность ванны 3. Аноды покрыты толстым слоем шлама 4. Мала плотность тока	1. Проверить и обеспечить надежный контакт 2. Переменить полюса на ванне 3. Очистить и промыть аноды 4. Увеличить плотность тока

Характер дефектов	Причина	Способы предупреждения и устранения
Ямочки-поры или продольные борозды на поверхности осадка	1. Чрезмерно большая анодная плотность тока 2. Сработавшиеся аноды	1. Увеличить площадь анодов 2. Сменить аноды
Толщина покрытия меньше расчетной: а) без пробоев и изоляции, без дендритов на кромках и выступах	1. Утечка тока при электропроводных стенках ванны 2. Чрезмерно высокая кислотность электролита	1. Отодвинуть детали и аноды от стенок и дна ванны не менее чем на 50 мм 2. Проверить и откорректировать кислотность
б) с дендритообразованием на выступах и кромках	1. Недостаточное экранирование этих участков	1. Применить дополнительные катоды для снятия избытка силовых линий или обеспечить лучшее экранирование
в) с дендритообразованием на слое изоляции	1. Недостаточная толщина изоляционной пленки	1. Увеличить количество слоев изоляционного материала или заменить его лучшим
Неравномерность толщины осадка	1. Неправильное расположение деталей относительно стенок или дна ванны 2. Неправильное расположение анодов относительно деталей и друг к другу 3. Неудачная конструкция подвесок или экранирующих приспособлений	1. Проверить и выдерживать расстояние в 50 мм 2. Обеспечить правильное расположение деталей и анодов 3. Переконструировать подвески и экранирующие приспособления

чае не должно быть осыпания или отслаивания покрытия, 3) раздавливанием под прессом осталенных образцов — образец должен разрушаться без отслаивания покрытия.

Неудовлетворительные по качеству покрытия удаляются с деталей обработкой на станках: протачиванием, шлифованием и фрезерованием.

ОБРАБОТКА ПОСЛЕ ОСТАЛИВАНИЯ

Промывка и нейтрализация. По окончании процесса осталивания детали тщательно промывают в горячей воде ($80-90^{\circ}$) и нейтрализуют от остатков кислоты.

Процессу промывки следует уделять особое внимание, так как после осталивания в порах металла сохраняются остатки электролита, которые вызывают быстрое ржавление деталей.

Полное удаление следов кислого электролита достигается промывкой деталей в 10%-ном растворе каустической соды с выдержкой в течение 30 мин. при температуре $80-90^{\circ}$.

После нейтрализации рекомендуется промыть детали в горячей воде для удаления следов щелочи и для облегчения сушки деталей.

Опыт показывает, что после указанной промывки поверхность слоя осталивания становится более устойчивой против коррозии, чем поверхность основного металла.

После нейтрализации и промывки детали высушивают в сушильном шкафу или обдувают сжатым воздухом.

Механическая обработка. Механическая обработка после осталивания производится либо на токарных, либо на шлифовальных станках — в зависимости от твердости покрытия, припуска на обработку, требуемой точности и чистоты поверхности детали.

Припуск на обработку выбирается в зависимости от размеров и конфигурации деталей и от толщины покрытия. Чем сложнее деталь и чем больше требуемая толщина покрытия, тем неравномернее осаждается железо и тем больший припуск следует давать на обработку. При наращивании толстых слоев, порядка $1,5-2$ мм и боль-

ше, припуск следует принимать в пределах $0,3-0,4$ мм на диаметр.

При тонких покрытиях припуск на обработку можно уменьшить до $0,2-0,3$ мм.

Для деталей, осталиваемых под цементацию, припуск на обработку следует увеличить до $0,4-0,5$ мм на диаметр, так как при этом следует учитывать необходимость механической обработки до цементации и после нее.

Электролитическое железо твердостью до 200 кг/мм^2 хорошо обрабатывается токарным резцом и дает длинную неломающуюся стружку, что свидетельствует о высокой вязкости металла. Вязкость является, по-видимому, причиной быстрого затупления резцов. Поэтому при обработке таких покрытий рекомендуется применять резцы высокой твердости. Для толстых мягких покрытий режимы резания следует выбирать такие же, как и для среднеуглеродистой незакаленной стали.

Твердые покрытия (до $400-450 \text{ кг/мм}^2$) при обработке резцом напоминают чугун и дают мелкую стружку. Обработка таких покрытий производится резцом из твердых сплавов или шлифованием. Еще более твердые покрытия обрабатываются только шлифованием.

Твердое электролитическое железо характеризуется специфическими свойствами, резко отличными от свойств обычной конструкционной стали (см. об этом в следующей главе). Поэтому определенный интерес представляет вопрос о влиянии механической обработки на свойства электролитических осадков железа и прежде всего на их твердость, шероховатость и структуру.

Шероховатость поверхности является одним из важнейших свойств поверхностного слоя детали, воспринимающего нагрузку от сопряженной детали. Шероховатость рабочей поверхности определяет время приработки сопряжения, величину зазора после нее, возможность применения максимальной расчетной нагрузки без опасности заедания. Проведенные в лаборатории Саратовского политехнического института исследования показывают, что с повышением глубины резания, когда происходит повышение производительности шлифования, шероховатость поверхности не увеличивается. Для предотвращения дробления в процессе шлифования не следует давать большой поперечной подачи.

Эти же исследования показали, что при соблюдении

мягких и средних режимов шлифования, при правильно подобранной характеристике кругов снижения микротвердости в поверхностном слое твердого электролитического железа практически не происходит. Однако нарушение условий шлифования может оказать большое влияние на свойства твердого электролитического железа. Так, если характеристики кругов и режимы шлифования подобраны правильно, то микротвердость поверхностного слоя после шлифования практически не уменьшается. Нарушение же рекомендаций может привести к получению слоя со значительным (до 25%) снижением микротвердости и даже к появлению на нем ожогов, видимых невооруженным глазом.

Сохранение исходной микрогеометрии поверхностного слоя, отсутствие засаливания камней, отсутствие ожогов и шероховатость поверхности в пределах 7—8-го классов может быть обеспечено при следующих условиях шлифования: круг зернистостью 46, 60, 80 и твердостью $СМ_1$ — $СТ_1$, глубина шлифования 0,06—0,10 мм/дв. ход, продольная подача — максимально возможная, скорость круга 30 м/сек, скорость изделия 20 м/мин, смазочно-охлаждающая жидкость должна обладать антикоррозийными свойствами, подача жидкости 10 л/мин.

При этом рекомендуются режимы правки круга алмазом: поперечная подача 0,05 мм/ход, продольная подача 200 мм/ход.

Следует отметить, что высокая сцепляемость покрытия позволяет производить обработку с высокими скоростями резания.

В процессе токарной обработки и шлифования тонкое покрытие (порядка нескольких десятых миллиметров) может разрушиться под влиянием возникающей теплоты. Поэтому для тонких покрытий нельзя рекомендовать скорости резания шлифованием выше 15—25 м/сек. Шлифование следует производить с обильным охлаждением.

Глава IV

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Выделение металла на катоде рассматривается в настоящее время как процесс кристаллизации, протекающий в особых условиях. Акад. В. Кистяковский назвал этот процесс электрокристаллизацией. Исследование рентгеновскими лучами подтвердило кристаллическую структуру электроосажденных металлов. Эти же исследования показали, что структура таких металлов находится в неравновесном состоянии: она искажена от возникающих в процессе электролиза внутренних напряжений и от внедрения водородных атомов. Это неравновесное состояние свойственно вообще кристаллической решетке, образующейся при температурах, значительно более низких по сравнению с температурой затвердевания.

В этом состоянии металл обладает физическими свойствами, отличными от свойств того же металла, полученного путем остывания из расплавленного состояния. Так, для многих электролитических металлов, в том числе и для железа, характерными свойствами являются повышенная твердость и хрупкость.

Электрокристаллизация складывается из двух одновременно протекающих процессов:

1) процесса образования центров кристаллизации (возникновения зародышей новых кристаллов);

2) процесса роста образовавшихся центров кристаллизации.

Преобладание первого процесса дает мелкокристаллическую структуру. Если же преобладает процесс роста образовавшихся кристаллов, а новых центров образуется сравнительно мало, то осадок получается крупнокристаллическим.

Наиболее ценными техническими свойствами обладают мелкокристаллические осадки. Поэтому необходимо знать условия их получения.

В гальванотехнике установлено, что все факторы, увеличивающие поляризацию, увеличивают мелкозернистость осадков. Как было выше указано, сюда относятся:

1) понижение температуры электролита;

2) разбавление электролита (понижение концентрации);

3) повышение плотности тока;

4) прибавление проводящих солей.

Электролитические осадки металлов отличаются наличием внутренних напряжений. Внутренние напряжения — это силы, возникающие в осадке при его образовании на катоде. Они стремятся сжать или растянуть осадок. Наличие внутренних напряжений отрицательно сказывается на усталостной прочности деталей, покрытых электролитическим металлом.

Механические свойства — твердость, износостойкость, внутренние напряжения — являются чрезвычайно важной характеристикой качества электролитических осадков. От этих свойств осадков и способности их противостоять внешним воздействиям зависит возможность применения данного покрытия в тех или иных условиях эксплуатации. Особенно большие требования предъявляются к покрытиям, используемым в машиностроении и при ремонте машин для повышения износостойкости и для наращивания изношенных поверхностей.

Электролитическое железо, получаемое в процессе электролиза на катоде из хлористых электролитов с применением растворимых анодов, по своему химическому составу приближается к малоуглеродистой стали с содержанием углерода (0,03—0,06%). Однако в отличие от стали углерод в электролитическом железе находится не

в связанном состоянии, а в виде механической примеси. Кроме того, в электролитическом железе имеется значительное количество водорода, который выделяется на катоде вместе с железом и интенсивно поглощается железом в процессе электролиза. По опытным данным Саратовского политехнического института, в электролитическом железе, полученном по технологическому процессу твердого осталивания, содержится от 60 до 228 см³ водорода на каждые 100 г осажденного на катоде железа.

Электролитическое железо, отожженное при температуре 900—1000°, по своим механическим и технологическим свойствам напоминает медь. Железо, полученное из ванны при режимах твердого осталивания и неотожженное, характеризуется специфическими механическими свойствами и по некоторым из них, например по твердости и износостойкости, приближается к закаленной стали.

Природа высокой твердости электролитического железа в настоящее время еще не объяснена учеными. Наиболее распространенная точка зрения объясняет повышенную твердость электролитического железа следующим образом.

Процесс электроосаждения железа на катоде является процессом кристаллизации, который протекает в условиях, резко отличных от условий кристаллизации металла из расплавленного состояния. В этих своеобразных условиях кристаллизации железа, осажденное на катоде, приобретает чрезвычайно мелкокристаллическую структуру с искаженной кристаллической решеткой. Последняя искажается от возникающих при электролизе внутренних напряжений и от внедрения водородных атомов. Такое железо с искаженной неуравновешенной структурой отличается повышенной твердостью, пониженной вязкостью и значительными внутренними напряжениями.

Основные свойства электролитических осадков железа — структура, внешний вид, твердость, пластичность, износостойкость и другие — не являются постоянными, а изменяются в очень широких пределах в зависимости от условий электролиза.

Условия электролиза, от которых в большей или меньшей степени зависят свойства электролитического желе-

за, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: концентрация соли железа, плотность тока, температура и кислотность электролита, наличие в нем добавок, неоднородность температуры и кислотности электролита в различных слоях электролита, неоднородная плотность тока на различных участках поверхности и колебания плотности тока в процессе электролиза (во времени).

Наиболее сильно влияют на свойства покрытий температура, концентрация и кислотность электролита и плотность тока.

Покрытия на деталях, полученные в процессе осталивания при высоких температурах, малой плотности тока и высокой концентрации электролита, имеют гладкую, бархатистую поверхность красивого серебристо-белого цвета, темнеющую на воздухе после непродолжительного пребывания. При механическом испытании такой осадок оказывается очень мягким и вязким. Соответственно сказанному, условия и режимы получения мягких осадков железа называются мягкими.

С увеличением плотности тока бархатистость осадка уменьшается, сменяется слабым блеском, и при достаточно большой плотности тока покрытие становится блестящим. Вместе с тем твердость покрытия и сопротивление разрыву увеличиваются, а вязкость уменьшается. При достаточно высокой плотности тока на покрытии появляются отдельные точечные наросты, имеющие вид полусферических бугорков, а на краях детали образуются наросты (дендриты).

Шероховатость и дендриты возникают тем быстрее, чем больше применяемая плотность тока и чем ниже температура электролита.

Температура электролита оказывает обратное воздействие на свойства покрытий: понижение температуры влияет на внешний вид, твердость и другие свойства так же, как и увеличение плотности тока.

Свойства покрытия зависят также и от состава электролита. Изменение содержания в электролите хлористого железа отражается на свойствах покрытий так же, как изменение температуры. При увеличении концентрации хлористого железа в электролите твердость покрытий снижается.

Условия и режимы получения твердых осадков железа называются жесткими.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Твердость является одной из важнейших характеристик электролитических покрытий, применяемых для восстановления деталей. Для покрытий, получаемых при осталивании, имеется хорошее соотношение между твердостью и другими свойствами покрытия — структурой, износостойкостью и прочее.

Твердость электролитического железа рекомендуется замерять на микротвердомере ПМТ-3 (рис. 29), разработанном М. М. Хрущовым и Е. М. Берковичем. Предложенный ими метод измерения твердости при малых нагрузках (микротвердость) является особенно удобным, так как дает возможность определить твердость тонких покрытий. Для получения тонкого слоя металла на катоде требуется сравнительно небольшое время, в течение которого заданные условия электролиза можно выдержать с необходимой точностью.

Этот метод определения твердости заключается в том, что алмазная четырехгранная пирамида с углом между противоположными гранями 136° вдавливается в металл под определенной нагрузкой (от 2 до 200 г), после чего измеряется величина диагонали отпечатка и определяется по формуле (или по таблицам) число твердости.

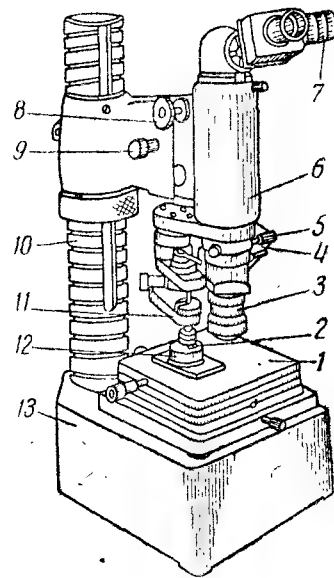


Рис. 29. Прибор ПМТ-3:

1 — столик; 2 — алмазная пирамида; 3 — объектив; 4 — осветитель; 5 — центровочный штифт; 6 — тубус; 7 — окулярный микрометр; 8 — винт микроподачи; 9 — винт микроподачи; 10 — стойка; 11 — механизм нагружения; 12 — образец; 13 — станина.

$$\text{Число твердости } H_p = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} \text{ кг/мм}^2,$$

где P — величина нагрузки, кг;
 d — диагональ отпечатка, мм;
 α — угол между противоположными гранями пирамиды, град.;

H_p — число твердости, определяемое при помощи алмазной пирамиды, кг/мм².

Определяемая на приборе ПМТ-3 микротвердость совпадает с числом твердости по Виккерсу полностью, а по Бринеллю — до величины $HV=300$. В табл. 7 приведено соотношение чисел твердости, проверенных различными методами.

Табл. 7 и графики на рис. 30, составленные на основе наших опытных данных, показывают, как изменяется твердость электролитических покрытий в зависимости от плотности тока, температуры и состава электролита. Приведенные данные могут быть использованы при разработке технологических процессов восстановления деталей для выбора режима осталивания.

Таблица 7

Твердость, измеренная на ПМТ-3, H_p	Твердость по Бринеллю, HV	Твердость по Роквеллу, HRC	Твердость, измеренная на ПМТ-3, H_p	Твердость по Бринеллю, HV	Твердость по Роквеллу, HRC
159	159	1	334	331	35
166	167	3	344	341	36
171	170	4	361	352	38
174	174	6	380	363	39
183	183	8	390	375	40
192	192	11	401	388	41
201	201	13	423	401	42
213	212	15	435	415	43
222	222	19	460	429	45
240	241	23	474	444	46
249	248	24	502	461	48
261	262	26	534	477	49
270	269	27	551	495	50
278	277	28	587	514	52
285	285	29	606	534	54
292	293	30	650	555	56
303	302	31	694	578	58
311	311	32	746	601	60
320	321	33	804	627	62

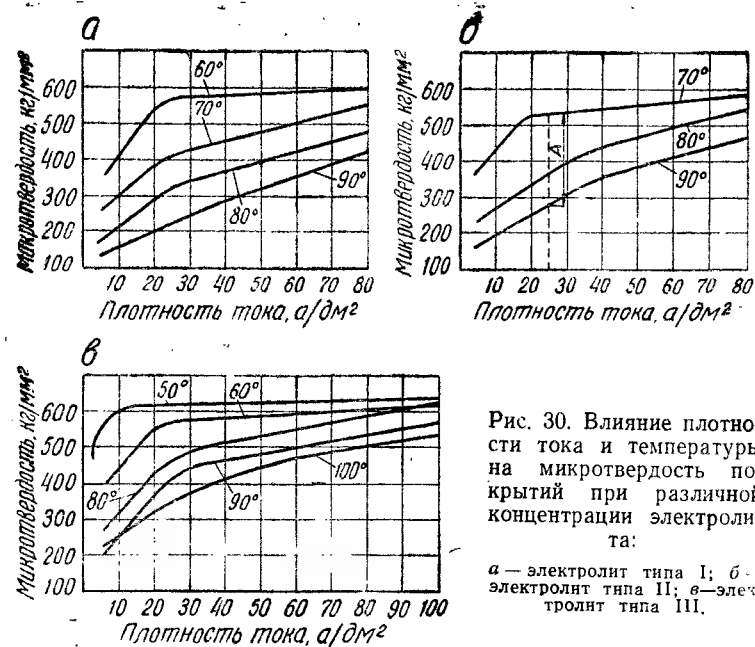


Рис. 30. Влияние плотности тока и температуры на микротвердость покрытий при различной концентрации электролита:

a — электролит типа I; $б$ — электролит типа II; $в$ — электролит типа III.

Таблица 8

Микротвердость железных электролитических покрытий						
Температура, град.	Концентрация $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ в электролите, г/л	Микротвердость, кг/мм ² , при плотности тока D_k , а/дм ²				
		5	20	40	60	80
90	680	135	178	305	342	415
	450	158	242	366	420	462
	200	200	375	462	490	512
80	680	172	290	360	430	472
	450	240	331	440	492	538
	200	258	440	490	550	580
60	680	349	528	573	598	600
	450	375	541	540	560	586
	200	399	545	579	590	610

Графики на рис. 30 и данные табл. 8 наглядно показывают, как изменяется твердость электролитического железа в зависимости от условий электролиза. Из графика

ков видно, что при переходе к более жестким режимам (высокая плотность тока и пониженная температура) влияние D_k и t° уменьшается — кривые твердости становятся все более пологими.

Такой характер полученных кривых показывает, что с увеличением плотности тока скорость роста твердости снижается, твердость приближается к своему предельному значению.

Согласно нашим опытным данным, максимальная твердость покрытий, получаемых из хлористых электролитов, равняется $H_{\mu} = 670-690 \text{ кг/мм}^2$.

Изменение кислотности электролита оказывает незначительное влияние на твердость железа. Так, например, увеличение содержания кислоты в электролите ($200 \text{ г/л FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 80° , 40 а/дм^2) от 0,36 до 4,0 г/л, то есть в 11 раз, снижает твердость покрытия от 443 до 381 кг/мм^2 , то есть на 14,8%.

Материал катода и его термообработка практически не влияют на твердость покрытий. Добавка в электролит 100 г/л хлористого натрия или хлористого марганца повышает твердость покрытий на 50—100 кг/мм^2 .

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Большое количество деталей автомобильных, тракторных, авиационных и стационарных двигателей работает при повышенных температурах, а многие детали машин работают при повышенных температурах. Поэтому при решении вопроса о возможности и целесообразности восстановления таких деталей осталиванием необходимо учитывать влияние нагрева на микротвердость электролитического железа.

Влияние нагрева на микротвердость осадков электролитического железа, полученного в наших опытах из электролита III при различных режимах электролиза, показано на рис. 31. Длительность нагрева образцов — 2 час.

Как видно из графиков, с увеличением температуры нагрева твердость различных образцов электролитического железа постепенно снижается, сначала сравнительно медленно, до 600, а затем, в пределах 600—700°, с

большой скоростью. При температуре 900° и выше все образцы электролитического железа с различной начальной твердостью становятся очень мягкими и одинаковыми по величине твердости ($H_{\mu} = 110-130 \text{ кг/мм}^2$).

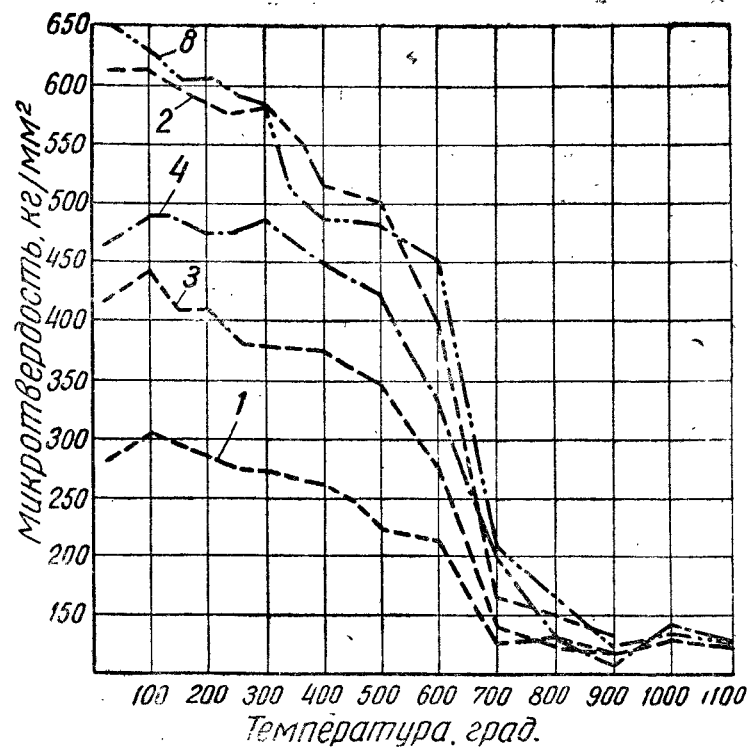


Рис. 31. Влияние нагрева на микротвердость электролитического железа при различных режимах электролиза (электролит типа III):

1—4, 8 — номера образцов.

Сопоставляя влияние нагрева на твердое электролитическое железо с влиянием нагрева (отпуска) на закаленную сталь, можно видеть, что твердое электролитическое железо по сравнению с закаленной сталью более стойко к нагреву.

СТРУКТУРА ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА И ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В НЕМ

Структура электролитических осадков железа, так же как и их микротвердость, зависит от условий электролиза.

Очень мягкое электролитическое железо ($H_p = 110—130 \text{ кг/мм}^2$), полученное в высококонцентрированном электролите при температуре, близкой к 100° и малой плотности тока ($D_k = 5—10 \text{ а/дм}^2$), имеет столбчатую дендритообразную структуру. Более твердые осадки ($H_p = 200—250 \text{ кг/мм}^2$) имеют характерную волокнистую (игольчатую) структуру (рис. 32) с волокнами (иглами), расположенными перпендикулярно поверхности покрытия. Если применять все более жесткие режимы, при которых твердость покрытия непрерывно возрастает, то равномерная волокнистая структура становится все тоньше и все более искажается, параллельность волокон нарушается, а с дальнейшим повышением твердости становится неразличимой даже под микроскопом под большим увеличением.

Повышение твердости и искажение структуры электролитического железа сопровождаются ростом в нем внутренних напряжений, вызванных искажением его кристаллической решетки. Внутренние напряжения увеличиваются при применении более жестких режимов электролиза.

Стальная пластинка, использованная в качестве катода, при осаждении на нее слоя железа с одной стороны (вторая сторона пластинки изолирована лаком) изгибается дугой, вогнутость которой направлена в сторону анода (рис. 33). Этот характер деформации катодной пластинки под воздействием растущего осадка показывает, что в последнем возникают внутренние напряжения растяжения.

При определенных условиях электролиза, когда твердость покрытий достигает значения порядка $H_p = 300 \text{ кг/мм}^2$, внутренние напряжения становятся настолько большими, что разрывают покрытие.

Если прочность сцепления покрытия с основой недостаточна велика, то покрытие отслаивается от основы или же «шелушится», как это показано в схеме на рис. 33.

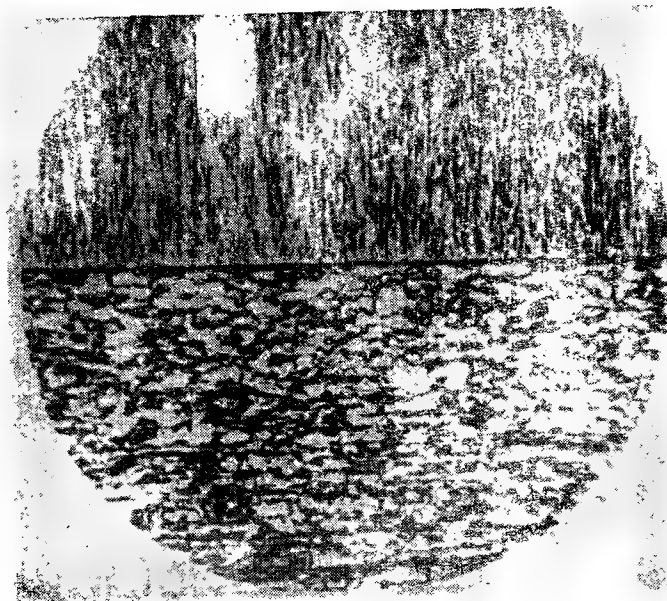
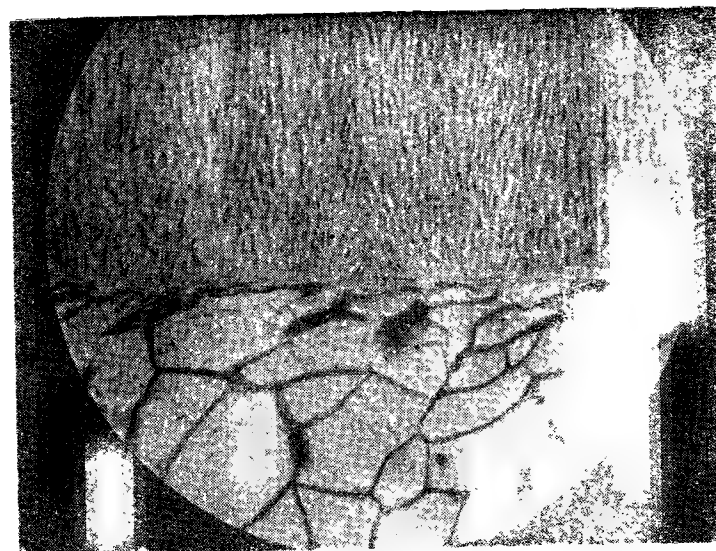


Рис. 32. Волокнистая (игольчатая) структура электролитического железа.

На рис. 34 видно, как при плохой прочности сцепления покрытие под воздействием внутренних напряжений приподнимается от основы. На наружной поверхности по-

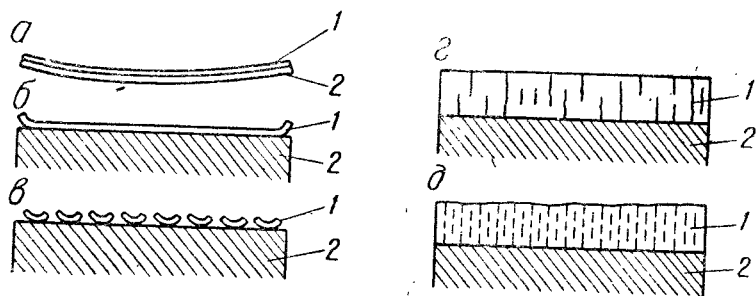


Рис. 33 Влияние внутренних напряжений на деформацию стальных электролитических покрытий:
 а — деформация тонкого катода при одностороннем остативании; б — отслаивание мягкого покрытия ($H_{ц} < 350 \text{ кг/мм}^2$) на концах катода при недостаточной прочности сцепления; в — шелушение твердого покрытия ($H_{ц} > 350 \text{ кг/мм}^2$) при недостаточной прочности сцепления; г — пористая (трещиноватая) структура покрытия твердостью $H_{ц} = 400-450 \text{ кг/мм}^2$; д — пористая (трещиноватая) структура покрытия твердостью $H_{ц} = 550-650 \text{ кг/мм}^2$.
 1 — покрытие; 2 — катод (деталь).

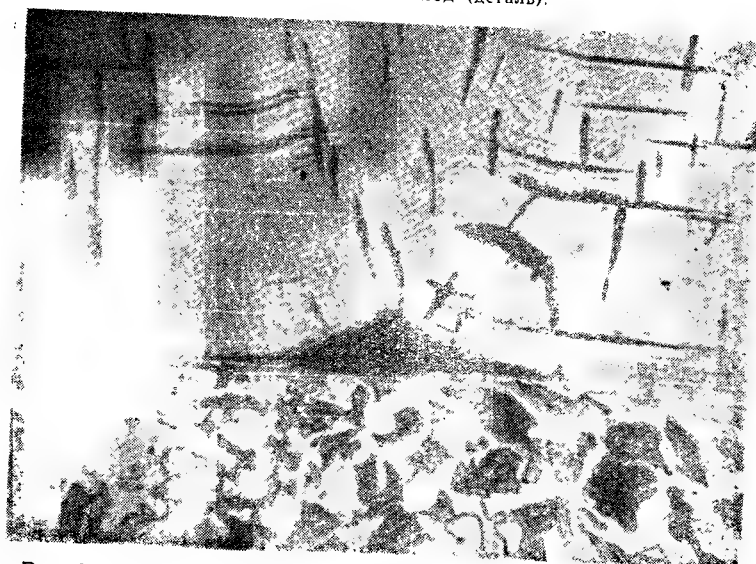
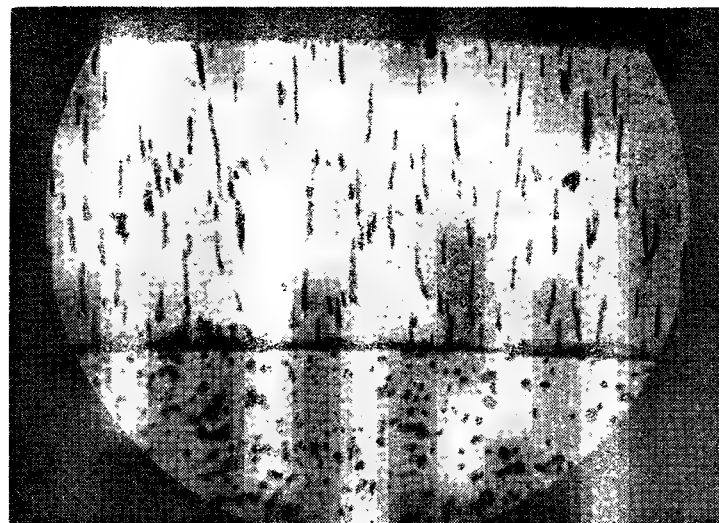
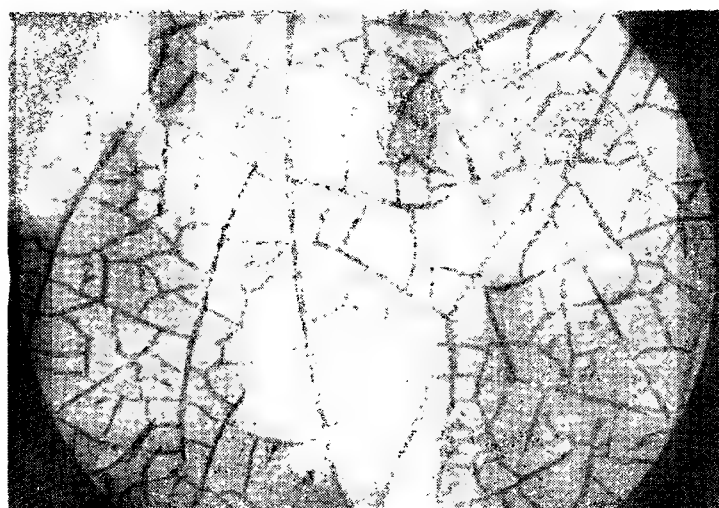


Рис. 34 Поперечное сечение покрытия на участке вспучивания.



а



б

Рис. 35. Структура твердого электролитического железа:
 а — поперечное сечение; б — внешний вид.

крытия в этом месте наблюдается «вспучивание» в виде небольшого пологого бугорка.

При высокой прочности сцепления покрытие не отслаивается от катода, а удерживается прочно на нем в виде отдельных блоков, разделенных трещинами. По внешнему виду и структуре (рис. 35) такое покрытие напоминает канальчатый пористый хром. Характер трещиноватости (пористости) определяется условиями электролиза. С увеличением жесткости режима (увеличение D_k и снижение t°) сетка трещин становится все более густой, а размеры трещин меньше.

Процесс получения пористой структуры электролитического железа, названный «пористым осталиванием»¹, и свойства пористого железа, определяющие его работоспособность, подробно исследованы в лаборатории Саратовского политехнического института. В настоящее время пористое покрытие испытывается на деталях.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ, ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ ЖЕЛЕЗОМ

Для новой области применения электролитического железа — наращивания изношенных деталей — большое значение имеет вопрос о том, какое участие в работе детали принимает наращенный на нее слой твердого железа.

Известно, что механическая прочность ремонтируемых деталей понижается по сравнению с новыми деталями вследствие уменьшения сечения в результате износа и механической обработки. Поэтому результаты применяемого способа наращивания будут зависеть от того, насколько при этом восстанавливается первоначальная механическая прочность сечения детали.

Покрываются, получаемые при осталивании, так же как и азотированный и цементированные слои стальных деталей, отличаются высокой микротвердостью и почти полным отсутствием пластических свойств. Свойства таких упрочненных слоев деталей отличаются от свойств сердцевины деталей. Естественно, что во время работы

детали при крутящих, изгибающих, растягивающих и других нагрузках сердцевина и поверхностный слой будут сопротивляться приложенным нагрузкам по-разному.

В результате испытания растяжением стальных образцов, покрытых электролитическим железом различной твердости, было установлено, что твердое электролитическое железное покрытие образцов, нагруженных растягивающими усилиями, работает как одно целое с металлом образца в пределах упругих и пластических деформаций.

Разрушение (разрыв) образцов (сталь 45 нормализованная), покрытых твердым железом, происходит под нагрузками, более высокими по сравнению с теми, при которых происходит разрушение не покрытых железом образцов такого же диаметра. Твердая железная оболочка является своеобразным каркасом, упрочняющим весь образец.

При растяжении образцов, покрытых твердым железом, упругие деформации наблюдались до нагрузок, значительно превышающих нагрузки контрольных образцов. Предел пропорциональности по всем покрытым образцам был значительно выше предела пропорциональности контрольных (непокрытых) образцов (на 15—43%).

Слой электролитического железа на всех образцах разрывался (растрескивался) далеко за пределами упругости под нагрузками, значительно превышающими нагрузки контрольных образцов. Вначале слышалось характерное звенящее потрескивание, а затем на поверхности покрытия появлялись или единичные трещины, или сетка трещин (рис. 36).

Следует отметить, что растрескавшийся слой электролитического железа не осыпается с образца, а прочно удерживается на нем в виде островков («плато»), окруженных широкими трещинами. Это дополнительно подтверждает весьма высокую прочность сцепления с основным металлом твердого железного покрытия, полученного в условиях типового технологического процесса твердого осталивания.

Покрывают стальные детали слоем твердого электролитического железа снижает их усталостную прочность, то есть способность выдерживать без разрушения знако-

¹ Пористое осталивание. Авторское свидетельство № 119049, авторы М. П. Мелков, Г. Д. Жедяевская.

переменные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации.

В настоящее время твердым осталиванием восстанавливается значительное количество ответственных сильно нагруженных деталей различных машин и заводского оборудования, напряжения в которых циклически

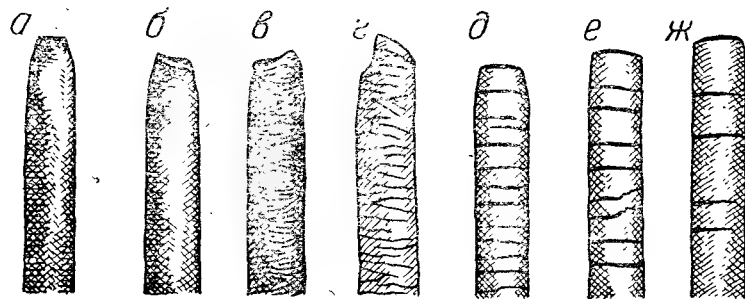


Рис. 36. Характер разрушения железного покрытия на образцах при испытании растяжением:

а — без покрытия; б — $H_{\mu} = 121 \text{ кг/мм}^2$; в — $H_{\mu} = 547 \text{ кг/мм}^2$; г — $H_{\mu} = 347 \text{ кг/мм}^2$; д — $H_{\mu} = 259 \text{ кг/мм}^2$; е и ж — $H_{\mu} = 196 \text{ кг/мм}^2$.

изменяются в процессе эксплуатации. Сюда относятся такие детали, как шпиндели станков, коленчатые валы различных прессов, шкворни, поворотные цапфы и другие детали автомобилей, поршневые пальцы и коленчатые валы двигателей и др.

Поэтому при выборе способа наращивания деталей важно знать, как влияет слой твердого железа на усталостную прочность стальных и чугунных деталей, то есть на их способность выдерживать без разрушения знакопеременные нагрузки.

Опыты, поставленные в лаборатории Саратовского политехнического института по исследованию влияния режимов электролита и других причин на усталостную прочность покрытых железом образцов, показали, что при всех режимах электролиза усталостная прочность покрытых образцов снижается по сравнению с усталостной прочностью непокрытых (контрольных) образцов и что величина снижения усталостной прочности ниже, чем при хромировании, и зависит от условий получения покрытий. Влияние некоторых технологических факторов на усталостную прочность показано на рис. 37.

С увеличением плотности тока (рис. 37а) усталостная прочность образцов резко снижается и достигает наименьшего значения при $D_k = 10 \text{ а/дм}^2$, составляя 33—53% от предела выносливости эталонов для всех трех исследованных сталей. Дальнейшее повышение плотности тока сопровождается сначала быстрым (до $D_k = 20 \text{ а/дм}^2$), а затем более медленным ростом предела выносливости, и при $D_k = 80 \text{ а/дм}^2$ они достигают уже 50—80% от пределов выносливости эталонов.

С увеличением температуры электролита предел выносливости непрерывно снижается (рис. 37 б), медленно — в пределах от 25 до 60° и очень быстро — в пределах от 60 до 100°.

Увеличение концентрации хлористого железа в электролите от 200 до 350 г/л сопровождается постепенным и значительным снижением предела выносливости (рис. 37 в). При дальнейшем увеличении концентрации усталостная прочность значительно повышается.

Усталостная прочность образцов с покрытиями, полученными в электролитах с различным содержанием соляной кислоты (0,5—6,0 г/л), снижается с увеличением кислотности электролита.

Исследование покрытых твердым железом образцов, прошедших термическую обработку (нагрев с выдержкой в течение 2 час.), показало, что с повышением температуры нагрева от 100 до 200—250° усталостная прочность резко падает, достигая своего наименьшего значения при 200—250°. При более высоких температурах усталостная прочность повышается, а при 450° пределы выносливости наиболее близко подходят к пределам выносливости эталонов.

Дальнейшее увеличение температуры нагрева до 850° приводит к уменьшению выносливости покрытых образцов.

Анализ опытных данных показывает, что снижение усталостной прочности сталей, покрытых электролитическим железом, определяется в основном двумя причинами: внутренними напряжениями растяжений в осадках и трещиноватостью их структуры.

Снижение усталостной прочности следует учитывать при выборе деталей для осталивания и разработке технологического процесса восстановления деталей осталиванием. Однако имеющийся опыт эксплуатации осталиваемых

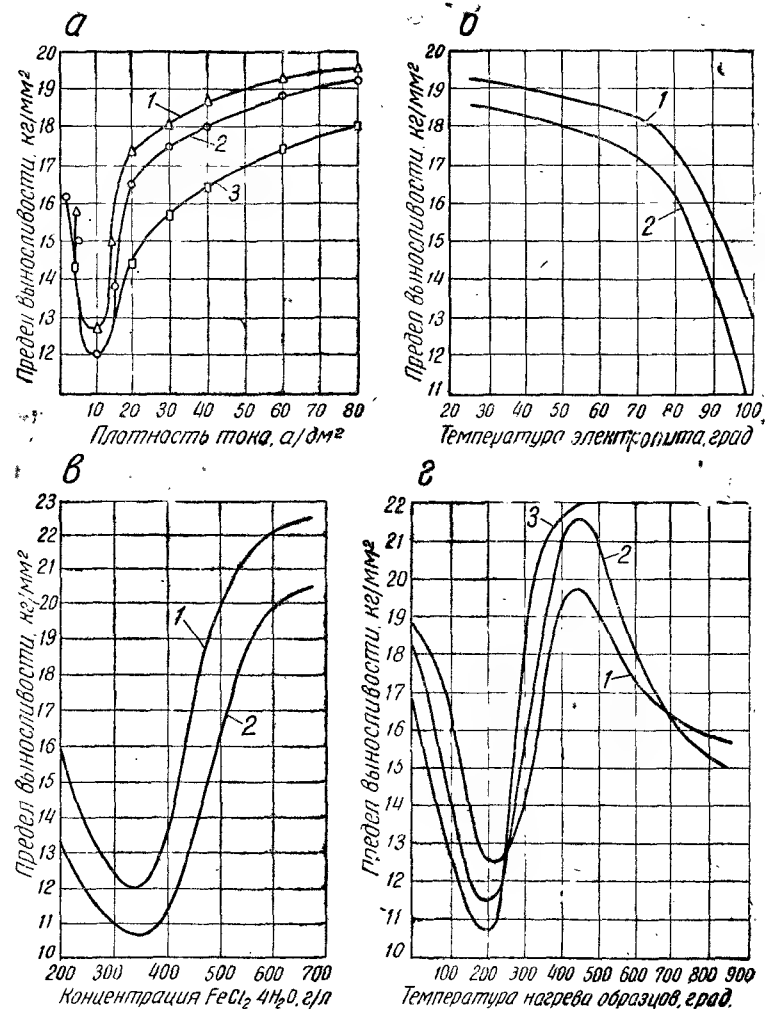


Рис. 37. Влияние различных факторов на усталостную прочность стальных образцов, покрытых электролитическим железом в электролите III (Опытные данные А. М. Ширяева):

1 — нормализованная сталь толщиной слоя 0,5 мм; 2 — нормализованная сталь 45 толщиной слоя 0,3 мм; 3 — закаленная т. в. ч. сталь толщиной 0,3 мм; а — влияние D_K ($t=80^\circ$); б — влияние t° ($D_K=20$ а/дм²); в — влияние концентрации $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ ($t=90^\circ$, $D_K=20$ а/дм²); г — влияние термической обработки ($t=80^\circ$, $D_K=40$ а/дм²).

деталей, работающих в условиях значительных знакопеременных нагрузок, а также испытания работоспособности тех же деталей, проведенные в Саратовском политехническом институте, показывают нормальную безаварийную работу этих деталей. Так, на Саратовском авторемонтном заводе в течение 7 лет поставлено на машины ГАЗ-51 в процессе капитального ремонта 10 тыс. шкворней передней оси, восстановленных твердым осталиванием. За весь период эксплуатации таких деталей не было ни одного случая поломок по причине усталости.

В Саратовском политехническом институте были проведены испытания в условиях длительной эксплуатации работоспособности осталенных деталей, работающих под воздействием знакопеременных нагрузок: поршневых пальцев, шкворней поворотных цапф, крестовин кардана и дифференциала. Нарастивание деталей производилось по режимам, которые при лабораторных исследованиях показали наибольшее снижение усталостной прочности. В результате испытания установлено, что при пробеге 25—35 тыс. км никаких неполадок в работе осталенных деталей не наблюдалось.

На ряде заводов длительное время безаварийно работают осталенные шпиндели различных станков, поршневые пальцы компрессоров, коленчатые валы прессов.

Полученные результаты ни в какой степени не отрицают явления снижения усталостной прочности деталей, покрытых слоем твердого электролитического железа, а свидетельствуют лишь о том, что перечисленные детали имеют достаточно большой запас прочности.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ТВЕРДОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Износостойкость является одним из основных показателей пригодности того или иного металла для наращивания изношенных деталей.

Наблюдения за работоспособностью автомобильных деталей и деталей других машин и заводского оборудования, восстановленных путем наращивания на их рабочие поверхности твердого электролитического железа,

проводилось нами, начиная с 1956 года, когда процесс твердого осталивания впервые был освоен.

Наблюдения эти сводятся к следующему. За семь с половиной лет эксплуатации участка осталивания на Саратовском авторемонтном заводе (годовой выпуск около 80 тыс. отремонтированных деталей) не было предъявлено ни одной рекламации по осталенным деталям. Контрольные осмотры большого количества осталенных деталей, отработавших полный цикл эксплуатации, показали, что детали имели блестящую поверхность без заметных рисок и царапин; покрытие прочно удерживалось на деталях, отслаивания и выкрошивания не наблюдалось. При замерах выяснилось, что износ восстановленных осталиванием деталей не выше износов стандартных деталей, а в отдельных случаях даже ниже.

Многочисленные отзывы автохозяйств также свидетельствовали о том, что износ восстановленных осталиванием деталей не выше износа стандартных деталей.

Такие же положительные результаты получены в процессе эксплуатации восстановленных осталиванием самых разнообразных деталей тепловозов и паровозов, тракторов, судовых двигателей, станков и заводского оборудования.

Ниже даются некоторые данные лабораторных исследований, характеризующие износостойкость электролитического железа при различных условиях трения.

Абразивное изнашивание является одним из наиболее распространенных видов изнашивания деталей машин, при котором постепенное изменение размеров детали от трения происходит в результате режущего или царапающего действия твердых частиц, соприкасающихся с поверхностью трения.

В конструкции автомобилей, тракторов и других машин имеются детали, работающие в условиях сухого абразивного изнашивания. Поэтому в лаборатории Саратовского политехнического института были поставлены опыты по испытанию износостойкости электролитического железа и других металлов по методу М. М. Хрущева и М. А. Бабичева.

Этот метод заключается в том, что цилиндрический образец испытуемого материала диаметром 2 мм трется своим торцом об абразивную шкурку, натянутую на по-

верхность вращающегося с небольшой скоростью диска. Образец перемещается в радиальном направлении с подачей 1 мм на один оборот диска.

Отношение износа эталона к износу испытуемого материала, названное относительной износостойкостью, характеризует относительное сопротивление материала абразивному изнашиванию.

Опытные данные, полученные в лаборатории института, показали, что относительная износостойкость при абразивном изнашивании электролитического железа линейно повышается с увеличением его твердости, причем эта зависимость одинакова для осадков, полученных в чистых хлористых электролитах с различной концентрацией хлористого железа, а также для осадков железа, подвергнутых отжигу. По величине относительной износостойкости электролитическое железо приближается к закаленной среднеуглеродистой стали (сталь 45), отпущенной до твердости электролитического железа.

В зависимости от характера внешних воздействий, среды и свойств трущихся металлов при трении скольжения возникают различные механические, химические и теплофизические процессы.

Наиболее разрушительным является изнашивание при схватывании трущихся металлов. Условия для схватывания создаются при малой скорости скольжения и больших нагрузках на поверхностях трения.

Схватывание металлов происходит преимущественно в процессе сухого трения. Во время работы деталей машин наибольший износ наблюдается в моменты пуска, когда имеется непосредственный контакт металлических поверхностей, поскольку смазка не успевает поступить к поверхностям трения.

Для характеристики износостойкости твердого электролитического железа в условиях сухого трения, близких к схватыванию, в лаборатории СПИ были проведены специальные опыты по изнашиванию образцов Φ 46 мм, покрытых электролитическим железом, и эталонных из стали 45 ТВЧ на машине МИ при 440 об/мин. Трение осуществлялось по чугуноу при удельной нагрузке 7 кг/см² и скорости скольжения 1,06 м/сек. Износ определялся по потере веса образцов (с точностью 0,0002 г) через каждые 500 м пути трения.

При испытании образцов, покрытых мягким электро-

литическим железом, уже через 60—120 м пути трения происходило задираание трущихся поверхностей и начинался катастрофический износ как ролика, так и буксы.

На поверхности твердого электролитического железа при трении образовывался (в большинстве случаев) бурый или черный налет окислов железа. Пленка окислов, являясь своеобразной смазкой, предохраняла поверхность трения от задираания. Однако в процессе испытаний наблюдались случаи задираания образцов в самом начале работы, что приводило к катастрофическому износу чугунной буксы и образца.

При работе образцов, изготовленных из стали 20, цементированных и закаленных, и образцов, покрытых мягким электролитическим железом и тоже цементированных и закаленных, наблюдался одинаковый характер изнашивания. На поверхностях трения ролика и буксы образовывался черный налет, а вес роликов увеличивался на 1—2 мг. Черный налет на поверхности ролика состоит, по-видимому, из продуктов износа чугунной буксы (окислы железа и углерод), которые в процессе испытания наволакиваются на поверхность ролика и увеличивают его вес. Износ букс в паре с цементированными образцами был интенсивнее, чем в паре с образцами, покрытыми твердым электролитическим железом, причем сильнее изнашивались буксы, сопряженные с остальненными цементированными образцами.

Из цементированных образцов до конца испытания работала только половина. Испытание второй половины образцов прекращалось из-за возникновения задираания. При этом на роликах наблюдалось налипание металла, о чем можно было судить по увеличению веса роликов и по пятнам налипшего металла, видимым под микроскопом. Чугунные буксы в паре с этими роликами катастрофически изнашивались.

Пара сталь 45 ТВЧ-СЧ 24-44 в условиях испытания показала исключительно высокую склонность к схватыванию. Схватывание возникло через 100—200 м после начала опыта и сопровождалось налипанием металла на поверхности ролика и катастрофическим износом чугунной буксы.

Схватывание твердого электролитического железа с чугуном происходит при невысоких температурах на по-

верхности трения, причем при схватывании не наблюдается глубинного вырывания металла. До наступления схватывания износ ролика и буксы очень незначителен. Объясняется это, по-видимому, тем, что электролитическое железо имеет высокую окисляемость, и до тех пор, пока не нарушена окисная пленка, трение происходит с минимальным износом.

Малейшее нарушение окисной пленки приводит к металлическому контакту двух поверхностей и к местному схватыванию. На поверхности ролика образуется узкая полоска задира. Далее образуются новые риски, и полоска постепенно расширяется, пока не покроет всю поверхность трения ролика.

Проведенные сравнительные испытания износостойкости при сухом трении показывают, что твердое электролитическое железо устойчиво работает без смазки в условиях, когда на поверхности создается окисная пленка. Суммарный износ образцов трущейся пары в этом случае минимален по сравнению с суммарным износом образцов всех остальных испытанных пар.

Д. Г. Точильников исследовал¹ износостойкость твердого электролитического железа методом радиоактивных индикаторов. Проведенные на машине трения испытания образцов, полученных в электролите с содержанием хлористого железа 320 г/л при температуре 80° и плотности тока 23 а/дм², показали высокую износостойкость электролитического железа при механическом изнашивании.

Сравнительные испытания на изнашивание остальненных и чугунных гильз, выполненные на одноцилиндровом четырехтактном двигателе, показали высокую износостойкость остальненных гильз. Для нормальных режимов двигателя (температура охлаждающей воды 70—80°, дизельное топливо с содержанием серы до 1%) скорость изнашивания цилиндровой втулки была в 2—4 раза меньше, чем чугунной. Эти результаты устанавливают целесообразность и эффективность применения осталивания для восстановления рабочих поверхностей цилиндров двигателей.

¹ Точильников Д. Г. Исследование методом радиоактивных индикаторов износа остальненной и чугунной цилиндрических втулок при различных условиях работы двигателя. Автореферат, Ленингр. Высшее морское инженерное училище им. адмирала Макарова, 1961.

Исследования того же автора показали, что износостойкость электролитического железа уменьшается в условиях, способствующих возникновению кислотной коррозии.

Анализ имеющихся опытных и литературных данных позволяет высказать некоторые соображения о причинах высокой износостойкости твердого электролитического железа.

Благоприятными факторами, обуславливающими высокую износостойкость твердого электролитического железа, являются:

- 1) высокая твердость железа,
- 2) игольчатая (волокнистая) структура,
- 3) внутренние напряжения растяжения,
- 4) повышенная склонность железных покрытий к образованию на их поверхности окисных пленок.

Положительное влияние твердости электролитического железа на относительную твердость при абразивном изнашивании было отмечено выше. Такое влияние твердости на износостойкость электролитического железа, очевидно, наблюдается в большей или меньшей степени и при других видах трения.

Однако объяснить износостойкость электролитического железа одной высокой твердостью нельзя, так как, по опытным данным В. А. Шадричева¹, электролитическое железо по сравнению с покрытием, полученным электроимпульсной наплавкой, имеет более высокую износостойкость при меньшей твердости.

Волокнистая структура железных покрытий с волокнами, расположенными перпендикулярно поверхности покрытия (поверхности трения), по мнению отдельных исследователей, является благоприятным фактором при оценке сопротивления металла износу. Из всех испытанных В. А. Шадричевым видов металлопокрытий наибольшую износостойкость показали электроосажденные металлы — хром и железо, которые имеют однотипную структуру (с выраженной текстурой), отличную от структуры обычных металлургических металлов. При этом износостойкость хрома выше износостойкости менее твердого железа, что подтверждает зависимость износостой-

¹ Шадричев В. А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями, Машгиз, 1962.

кости от твердости. Выявленный в отдельных исследованиях низкий коэффициент трения электролитического железа (и хрома) объясняется, по-видимому, также особенностью структуры электролитических осадков.

Положительное влияние на износостойкость электролитического железа внутренних растягивающих напряжений следует предполагать на основе опытов П. Е. Дьяченко и Т. В. Смушковой, которые показали, что чем больше величина и глубина залегания остаточных напряжений растягивающего типа в поверхностном слое стального образца, тем выше износостойкость последнего.

Значительную роль в износостойкости твердого электролитического железа и его пониженной склонности к схватыванию, отмеченной в наших опытах и в опытах В. А. Шадричева, играет высокая окисляемость его на воздухе и быстрое образование в процессе трения окисных пленок на поверхности ролика. Включение кислого хлористого электролита в твердых осадках железа, имеющих трещиноватую структуру, вызывает быстрое окисление железных покрытий. Чистые поверхности, обнажающиеся в процессе трения, легко покрываются окисными пленками железа.

Положительная роль окисных пленок на схватываемость металла при сухом трении подчеркивается многими исследователями. Б. Д. Грозин указывает¹, что окисление является одним из самых мощных средств защиты металлов против изнашивания. При наличии окисной пленки на поверхности трения число участков, на которых возникает схватывание, резко уменьшается. При легких условиях трения окислы могут препятствовать образованию металлического контакта. С ростом удельного давления и температуры способность металла к схватыванию повышается. В этих условиях металл не может сохранить хрупкую окисную пленку, и наступает схватывание, которое носит частный характер по месту разрушения окисной пленки. Окружающие окисные пленки препятствуют распространению очага схватывания, поэтому, изнашивание покрытия с наступлением схватывания характеризуется небольшими износами и протекает без следов глубинного вырывания металла.

¹ Грозин Б. Д. Труды совещания по вопросам трения и изнашивания. Изд. АН СССР, 1957.

Объяснение высокой износостойкости твердого электролитического железа в условиях сухого трения наличием окисных пленок железа, действующих подобно смазке. В. А. Шадричев подтверждает результатами испытаний покрытий при трении со смазкой. В этих условиях, когда окисление поверхности трения затруднено, износостойкость железных покрытий ниже износостойкости стали, закаленной т. в. ч., и покрытия, полученного электроимпульсной наплавкой.

Глава V

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ В РЕМОНТНОЙ ПРАКТИКЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБА ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ И ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Опыт промышленного применения твердого осталивания на многих заводах для восстановления деталей различных машин позволяет сделать следующие выводы.

Процесс электролитического осаждения железа из горячих хлористых электролитов отличается высокими технико-экономическими показателями:

- 1) исходные материалы для приготовления электролита — техническая соляная кислота и стальные стружки — являются дешевыми и недефицитными, а приготовление его несложно;
- 2) растворимые аноды, изготавливаемые из малоуглеродистой стали, также недефицитны;
- 3) выход металла по току (85—95%) в 6—7 раз больше, чем при хромировании;
- 4) скорость наращивания деталей железом при плотностях тока $10\text{--}60\text{ а/дм}^2$ изменяется в пределах от 0,2 до 1,0 мм в час на диаметр и превышает скорость хромирования (0,03—0,06 мм) в 7—16 раз;
- 5) толщина наращиваемого слоя для твердых покрытий может быть получена до 1—1,2 мм. Повторным завешиванием деталей (с промежуточной механической обра-

боткой) толщина слоя может быть значительно увеличена;

6) стоимость восстановленных деталей в 2—4 раза ниже стоимости новых деталей;

7) производительность рабочего, обслуживающего одну ванну осталивания, равна 8 дм^2 в час (18—20 автомобильных деталей), а в случае оборудования участка осталивания несколькими ваннами может быть увеличена в 1,5—2 раза;

8) расход электроэнергии на осталивание 1 дм^2 покрываемой поверхности составляет $1,5 \text{ квт-ч}$.

Основные физико-механические и технологические свойства получаемых при осталивании покрытий имеют высокие показатели:

1) мягкие покрытия ($120\text{—}220 \text{ кг/мм}^2$) по твердости, износостойкости и другим свойствам соответствуют углеродистой незакаленной стали;

2) твердые покрытия ($250\text{—}600 \text{ кг/мм}^2$) по твердости и износостойкости приближаются к закаленной стали;

3) прочность сцепления твердого электролитического железа со сталью и чугуном, достигая $4500\text{—}5000 \text{ кг/мм}^2$, превышает механическую прочность самого покрытия и обеспечивает надежную работу детали в самых тяжелых условиях эксплуатации; покрытие не отслаивается от основы даже при повреждении и изломе деталей;

4) электролитические железные покрытия хорошо хромируются, а мягкие — цементируются и азотируются;

5) термическое влияние процесса осталивания на металл деталей и коробление их вследствие невысокой температуры отсутствуют;

6) механическая обработка осталенных деталей не вызывает дополнительных требований к режимам резания;

7) усталостная прочность деталей при осталивании снижается меньше, чем при хромировании.

Эксплуатационные показатели также являются достаточно высокими:

1) процесс осталивания протекает устойчиво, легко регулируется, быстро и успешно осваивается рабочими средней квалификации с неполным средним образованием без специальной технической подготовки;

2) жесткая зависимость свойств покрытий от условий электролиза, небольшая длительность операций подготов-

ки и электролиза и несложность подвесных приспособлений позволяют автоматизировать процесс осталивания с охватом всех функций его управления и контроля;

3) процесс наращивания деталей железом по сравнению с хромированием, металлизацией и наплавкой характеризуется значительно более высокой универсальностью, позволяя получать твердые и мягкие покрытия, пригодные для наращивания самых различных деталей;

4) твердое осталивание экономически целесообразно и технически осуществимо в условиях крупных ремонтных мастерских и заводов различных отраслей народного хозяйства и ремонтных цехов крупных промышленных предприятий;

5) простота подготовительных операций перед осталиванием и отсутствие последующей термической обработки значительно сокращают время ремонта.

Области применения процесса осталивания. Благодаря большой универсальности процесса осталивания области применения его в ремонтном производстве и в машиностроении очень обширны. Осадки, получаемые при осталивании, могут найти применение в виде мягких, твердых и пористых покрытий.

Твердые покрытия ($300\text{—}650 \text{ кг/мм}^2$) рекомендуются применять в следующих случаях:

а) наращивание до номинальных или ремонтных размеров рабочих поверхностей трения стальных и чугунных деталей различного размера и конфигурации;

б) наращивание посадочных поверхностей шеек валов и осей, гнезд подшипников, корпусов и т. п. под шариковые или роликовые подшипники;

в) наращивание конусных посадочных поверхностей валов в конусных соединениях;

г) наращивание посадочных поверхностей шариковых и роликовых подшипников;

д) при комбинированном процессе — осталивание с последующим хромированием для восстановления наиболее ответственных деталей;

е) исправление брака механической обработки;

ж) упрочнение рабочих поверхностей деталей машин из малоуглеродистой и среднеуглеродистой стали, не прошедших при изготовлении термической обработки.

Пористые покрытия могут быть рекомендованы при:

а) восстановлении деталей, работающих в условиях больших нагрузок и ограниченной смазки;

б) повышении износостойкости чугунных поршневых колец двигателей, компрессоров и насосов;

в) восстановлении цилиндров двигателей, компрессоров и насосов.

В отличие от хромирования осталиванием можно восстанавливать детали не только с малыми, но и со средними и большими износами.

Мягкие покрытия ($120-220 \text{ кг/мм}^2$) можно рекомендовать для использования в следующих случаях:

а) наращивание неотвержденных деталей с невысокой поверхностной твердостью;

б) наращивание наружной поверхности бронзовых втулок при ослаблении их посадки в отверстиях, а также при износе втулок по внутренней поверхности (ремонт обжатием);

в) повышение прочности сцепления баббита с чугунными подшипниками;

г) изготовление биметаллических (медно-железных) электродов;

д) ремонт ответственных деталей осталиванием с последующей химико-термической обработкой;

е) нанесение мягкого слоя металла на рабочие поверхности зубьев шестерен, червяков и червячных колес с целью облегчения их приработки;

ж) покрытие пластинок твердого сплава для облегчения их припайки к резцам;

з) покрытие заготовок из специальных сталей для облегчения их прокатки или штамповки.

Твердое осталивание, как один из способов получения на деталях твердых износостойких осадков электролитического железа, начинает все более широко применяться в практике ремонта машин.

Теоретические и экспериментальные исследования этого способа выполнялись вначале применительно к автомобильным деталям. Выполненные исследования и проверка результатов этих исследований в заводских условиях показали, что твердое электролитическое железо надежно работает в качестве износостойкого покрытия на автомобильных деталях широкой номенклатуры.

Положительные результаты применения твердого осталивания в авторемонтном производстве вызвали боль-

шой интерес широкого круга производителей (технологов-ремонтников), работающих в других отраслях народного хозяйства.

Согласно многочисленным запросам, полученным Саратовским политехническим институтом, во внедрении твердого осталивания нуждаются:

а) ремонтные заводы всех отраслей народного хозяйства (сельского хозяйства, железнодорожного, морского, рыбопромыслового и речного транспорта, воздушного флота);

б) предприятия горнодобывающей и нефтедобывающей промышленности, строительства (жилищного, промышленного и дорожного), коммунального хозяйства;

в) ремонтно-механические цехи заводов всех отраслей народного хозяйства (машиностроительных, металлургических, текстильных и др.).

Во внедрении твердого осталивания, помимо многочисленных авто- и трактороремонтных заводов, заинтересованы: Златоустовский и Челябинский металлургические заводы, Энгельсский завод искусственного и синтетического волокна, Ново-Краматорский завод, завод «Красное Сормово» им. Жданова в Горьком, завод «Большевик», Ленинградский завод изделий из пластмасс им. «Комсомольской правды», Государственный Любучанский завод пластмасс, Никопольский южнотрубный металлургический завод, Камышинский хлопчатобумажный комбинат, Одесский завод сельскохозяйственного машиностроения и многие другие предприятия.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РЕЖИМОВ ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ

При выборе условий электролиза — концентрации и температуры электролита и плотности тока — следует руководствоваться опытными данными, приведенными в главе IV, где показано, как изменяются в зависимости от условий электролиза свойства покрытий, получаемых при осталивании. Зная далее условия эксплуатации ремонтируемой детали и предъявляемые этими условиями требования к поверхностным слоям металла детали, выбирают требуемый электролит и режим электроосаждения железа.

Стальные детали машин при выборе для них условий

наращивания электролитическим железом и железо-никелевым сплавом следует разбить на три группы.

К первой группе относятся детали, изготовленные из нормализованных сталей марок 10; 20; 30; 34; 40 и 45. Микротвердость их не превышает 200—240 кг/мм², а износ в эксплуатации, как правило, большой. Осталивание этих деталей следует производить по указанной схеме процесса твердого осталивания (см. рис. 9), но в качестве электролита следует принять раствор хлористого железа средней концентрации (тип II), который позволяет получить более толстое покрытие при той же твердости.

Для деталей этой же группы с малыми и средними износами можно выбрать малоконцентрированный электролит (тип III). Твердость и износостойкость осталенных деталей в этом случае может быть повышена по сравнению с новыми деталями.

Таким образом, для этой группы деталей твердое осталивание может являться одновременно и способом восстановления и способом упрочнения.

Во вторую группу входят детали, изготовленные из среднеуглеродистых и термически обработанных сталей (стали марок 35; 38; 38А; 40; 45; 45Г2; 50Г; 65Г).

Микротвердость этих деталей находится в пределах 240—321 и 369—415 кг/мм².

Для деталей этой группы также следует выбирать ранее рекомендованную схему твердого осталивания, обеспечивающую получение покрытий толщиной до 0,8—1,5 мм. Для деталей с большими износами рекомендуется повторное осталивание с промежуточной механической обработкой для удаления неровностей, образующихся на деталях при первом завешивании их в электролит. После каждого слоя необходимо производить повторную подготовку поверхности под осталивание с повышенной плотностью тока при анодной обработке.

В третью группу включаются детали с небольшими износами, изготовленные из малоуглеродистых и среднеуглеродистых или малолегированных цементованных, цианированных и закаленных сталей. Детали этой группы имеют *HRC* 50—65, а микротвердость покрытий при твердом осталивании находится в пределах 550—650 кг/мм² (*HRC* 50—56). Некоторые детали можно восстанавливать по схеме твердого осталивания. Для тех де-

талей, у которых по техническим условиям *HRC* выше 56, рекомендуется осталивание с последующим хромированием или же осталивание с последующей цементацией.

Опытные данные по осталиванию деталей различных машин и лабораторные исследования показывают, что твердость и износостойкость покрытий определенной твердости совпадает с износостойкостью стали такой же твердости. Поэтому, разрабатывая технологические процессы осталивания деталей, необходимо выбирать такие условия электролиза, которые обеспечивали бы получение покрытий твердостью, заданной чертежом детали. При разработке технологического процесса восстановления деталей осталиванием в соответствии с имеющимся опытом можно руководствоваться следующими соображениями.

В электролите малой концентрации (тип III) можно получать покрытия твердостью от 200 до 650 кг/мм². Этот электролит можно рекомендовать для осталивания очень широкой номенклатуры деталей, изготовленных из различных сталей и имеющих различную термическую обработку. Исключение составляют детали с большими износами (2 мм и более).

Получение толстых покрытий малой твердости в электролите III требует большой длительности процесса из-за малой плотности тока, необходимой для получения таких покрытий. В этом случае лучше применять более концентрированные электролиты (тип II или даже тип I), в которых та же твердость получается при более высокой плотности тока (см. рис. 30) и, следовательно, с большей производительностью процесса.

Получение толстых покрытий высокой твердости в электролите III ограничивается тем, что большая плотность тока вызывает получение бугристых покрытий, причем бугристость прогрессивно увеличивается с увеличением толщины покрытия. Для этого случая можно рекомендовать или повторное осталивание после механической обработки, или некоторое уменьшение твердости при осталивании с последующим хромированием осталенных деталей. Для деталей, восстанавливаемых осталиванием с последующей цементацией, следует выбирать электролит I. Нарращивание деталей с невысокой поверхностной твердостью и с большими износами рекомендуется про-

Водить в электролите II. Выбирая плотность тока для осталивания конкретных деталей, необходимо принимать во внимание конфигурацию детали, условия ее работы, требуемую толщину покрытия.

Склонность растворов хлористого железа к образованию дендритов на гранях и выступающих элементах детали, а также сложность изоляции этих элементов вызывают необходимость снижать задаваемую плотность тока для деталей сложной конфигурации. Снижение плотности тока для таких деталей способствует уменьшению образования дендритов. Кроме того, при этом повышается равномерность покрытия и уменьшаются потери металла при пробое изоляции.

Для деталей несложной конфигурации плотность тока может быть значительно повышена, так как для них легче решается экранирование и защита острых кромок от образования дендритов.

При малой толщине покрытия также можно применять повышенные плотности тока, так как при небольшой длительности электролиза уменьшается опасность появления на поверхности неровностей. Для получения толстых осадков необходимо понижать плотность тока, чтобы поверхность была гладкой, несмотря на большую длительность электролиза.

Режимы осталивания деталей, изготовленных из различных сталей с различной термической обработкой, могут быть выбраны по табл. 9, составленной на основе заводского опыта.

Приведенные режимы являются ориентировочными и должны быть откорректированы при освоении процесса осталивания деталей в зависимости от условий работы деталей, величины износа, конфигурации и других особенностей деталей.

Ориентировочные данные по выбору режимов осталивания чугунных деталей приведены в табл. 10.

В условиях ремонтных предприятий и цехов через участок осталивания проходит, как правило, обширная номенклатура самых различных деталей. Между тем высокая производительность процесса твердого осталивания позволяет всю заданную участку программу выполнять в одной ванне осталивания. Совершенно очевидно, что в этом случае тип электролита выбирают, ориентируясь на наиболее массовые типы ремонтируемых деталей.

Режимы наращивания стальных деталей

Марка стали по ГОСТу	Термическая обработка	Твердость детали	Режим осталив.			Твердость покрытия H_{p} , кг/мм ²
			тип электролита	температура, град.	плотность тока, а/дм ²	
Углеродистая						
08; 20; 30; 35; 40; 45;	Нормализация	143—207 HB	II	90	20—30	220—300
35; 38; 38A; 40; 45Г; 50Г; 65Г2	Улучшение (закалка, отпуск)	240—321 HB 369—415 HB	III II	90 90	20 40	350—380 360—380 350—420
12A; 20A; 20; 35	Цементрование и цианирование	56—65 HB	III I	80 90	50 20	550—600 120—140 (под цементование)
40; 45	Закалка т.в.ч.	50—65 HRC	III I	80 95	50 20	550—600 120—140 (под цементование)
Легированная						
30X; 35X; 38XA; 40X; ЭСХ8	Улучшение (закалка, отпуск)	255—321 HB	III II	90 90	20 20—40	340—360 250—360
41X; 40XГ1; 50XГA; 55C2	Улучшение (закалка, отпуск)	363—415 HB	III	90	30	400—430
12X24A; 12XH; 15X; 20X; 20XH; 15HM; 18XГТ; 30XH3A	Цементирован. и цианирование	56—65 HRC	III I	80 95	50 20	550—600 120—140 (под цементование)

Опыт заводов, освоивших твердое осталивание, показывает, что при наличии на участке одной ванны осталивания целесообразно выбрать для эксплуатации электролит III.

Таблица 10

Режимы наращивания чугунных деталей

Марка материала	Термическая обработка	Твердость детали, НВ	Режим осталивания			Твердость покрытия, Н _В
			тип электролита	температура, град.	плотность тока, а/см ²	
Чугун серый СЧ 15-32; СЧ 13-36; СЧ 24-44; СЧ 28-48	—	170—229 170—241	II III	90 90	10 10	190 220—250
Чугун ковкий белосердечный КЧ 40-3; КЧ 34-4	Отжиг в окислительной среде	201	II III	90 90	15 10	220 220—250
Чугун специальный и легированный	—	156—197	I	90	30	140—170
Чугун ковкий черносердечный КЧ 37-12; КЧ 35-10	Отжиг в нейтральной среде	149	I	9	30	140—170

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ТРАКТОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Номенклатура деталей для осталивания. Среди обширной группы автотракторных деталей, рекомендуемых восстанавливать твердым осталиванием, можно выделить четыре группы.

Первая группа является наиболее многочисленной. В нее входят детали с посадочными поверхностями под неподвижные или малоподвижные сопряжения. Для этих поверхностей характерны очень малые износы, определяющие лишь степень изменения посадки; сюда относятся посадочные шейки валов коробки передач, заднего моста и других агрегатов автомобилей, посадочные поверхности обойм шариковых и роликовых подшипников и гнезд подшипников в трансмиссии, посадочные места различных втулок и т. п. Восстановление этих деталей в ряде ремонтных предприятий осуществляется хромированием.

Применение осталивания для этой группы является более целесообразным, так как особые свойства хрома здесь не используются в полной мере, а с переходом на

осталивание производительность процесса значительно повышается. Для многих этих деталей размерное осталивание без последующей механической обработки можно применить с большим основанием, чем размерное хромирование, так как равномерность получаемых покрытий при осталивании выше, чем при хромировании.

Вторую группу составляют детали, входящие в подвижные соединения.

В этой группе осталиванием могут быть восстановлены шейки кулачковых валов, валов трансмиссий, валиков коромысел, валиков водяного насоса, вентилятора и привода водяного насоса, шейки валов трансмиссии трактора и др.

В третью группу входят автотракторные детали сложной конфигурации. К таким деталям относятся многоопорные коленчатые валы, распределительные валы (ремонт кулачков), чашки дифференциала, шлицевые валы и др. Для их наращивания требуются особые подвески, фигурные аноды, изоляционные устройства. Сложной является и механическая обработка таких деталей. В связи со сказанным промышленное применение твердого осталивания для восстановления деталей третьей группы практически еще не осуществлено. Однако имеющиеся положительные результаты восстановления таких деталей (например, коленчатые валы) в лабораторных условиях позволяют рассчитывать на промышленное освоение разрабатываемых технологических процессов.

В четвертую группу входят крупногабаритные детали с наружными и внутренними рабочими поверхностями (поверхности трения или посадочные поверхности). К таким деталям относятся блоки двигателей (постели коренных подшипников, цилиндры), картеры КПП, задних мостов и других механизмов (посадочные поверхности под шариковые и роликовые подшипники), крупногабаритные коленчатые валы и другие детали сложной конфигурации. Завешивание таких деталей в ванну затруднительно и часто не представляется возможным из-за громоздкости деталей и сложности изоляции поверхностей, не требующих наращивания. Наращивание электролитическим железом указанных деталей возможно путем вневанного (проточного) осталивания.

Весьма эффективным является восстановление остали-

ванием чугунных деталей (особенно в тракторах), которые при ремонте выбраковываются в большом количестве из-за отсутствия рационального способа восстановления чугунных деталей.

Всего для осталивания в каждом автомобиле и тракторе можно выделить около 20—60 наименований деталей. Ориентировочный перечень таких деталей по наиболее распространенным маркам машин приводится ниже.

Автомобиль ГАЗ-51

1. Клапаны впускной и выпускной (дет. 70-6504/5).
2. Шкворень поворотной цапфы (дет. 51-3001018/19).
3. Толкатель клапана (дет. 11-6500).
4. Валик педали сцепления и тормоза (дет. 51-1602050-Б).
5. Распределительный вал (дет. 12-1006015-Б).
6. Поршневой палец (дет. 116135-А).
7. Ступица шкивов коленчатого вала (дет. 11-6313-А).
8. Ось блока шестерен заднего хода КПП.
9. Валик масляного насоса.
10. Валик привода распределителя.
11. Валик водяного насоса (дет. 130-7023).
12. Вал первичный КПП (дет. 51-7017).
13. Крестовина кардана (51-2201025).
14. Крестовина дифференциала (дет. 11-4215).
15. Палец рессоры (дет. 51-2902478).
16. Поворотная цапфа (дет. 51-3001012А/13-А).
17. Вал сошки руля (дет. 51-3401060-Б).
18. Ось блока шестерен промежуточного вала (дет. 51-7111-А).
19. Фланец главного вала (дет. 51-1701240-В).
20. Муфта фланца промежуточного вала (дет. 51-2202100-Б).
21. Муфта фланца главной передачи (дет. 51-2201100).

Автомобиль ГАЗ М-20

1. Распределительный вал (дет. 20-1006015-Б).
2. Валик масляного насоса (дет. 20-101140).
3. Вал первичный КПП (дет. 20-1701025).

4. Вал вторичный КПП (дет. 20-1701105-Б).
5. Палец опорный колодок тормоза (дет. 20-3501068).
6. Палец кронштейна задней рессоры (дет. 20-2912478-Б).
7. Шестерня ведущая главной передачи (дет. 20-2402016-Б).
8. Шкворень поворотного кулака (дет. 20-3001018).
9. Крестовина кардана (дет. 12-2101026).
10. Крестовина дифференциала (дет. 11-4215).

Автомобили МАЗ и ЯАЗ

1. Поворотный кулак (дет. 200-3001014-А₁).
2. Вилка (дет. 200-2201022).
3. Крестовина (дет. 200-2201040).
4. Валик маслонасоса (дет. 206-1011042-Б).
5. Толкатель (дет. 201-1007184).
6. Ось вентилятора (дет. 204-1300050).
7. Распределительный вал (дет. 206-1006012-Б).
8. Коленчатый вал компрессора (дет. 200-3509110-В).
9. Балансирный вал (дет. 206-1006278-А₂).
10. Валик коромысел (дет. 201-1007100).
11. Ведущий вал (дет. 205-2402017).
12. Палец рессор (дет. 200-2911247-В).
13. Крестовина дифференциала (дет. 200-2403060).
14. Промежуточный вал (дет. 200-1701048).
15. Крышка подшипника 1-го вала (дет. 200-1702061).
16. Вал сошки (дет. 200-3001030-Б).
17. Ведомый вал (дет. 200-1701031).
18. Клапан впускной (дет. 201-1007045-А).
19. Шкворень (дет. 200-3001030-Б).
20. Поршневой палец (дет. 201-1004020).
21. Поршень (дет. 201-1004013).
22. Клапан выпускной (дет. 201-1007015-А₁).
23. Ведущий вал (дет. 200-1701105).

Автомобиль ЗИЛ-150

1. Клапан впускной и выпускной (дет. 120-1007015/10).
2. Толкатель клапана (дет. 120-1007055-А).
3. Валик водяного насоса (дет. 120-1307023-А).
4. Валик привода распределителя (дет. 120-1016016).

5. Палец поршневой (дет. 120-1004020).
6. Распределительный вал (дет. 120-1006015-А).
7. Валик масляного насоса (дет. 120-1011042).
8. Палец кронштейна задней рессоры (дет. 120-2012478).
9. Ось педали сцепления (дет. 120-1602055).
10. Ось колодок тормоза переднего колеса (дет. 120-3501132).
11. Кулак разжимной заднего тормоза (дет. 120-3502110/11).
12. Ось колодок тормоза заднего колеса (дет. 120-3502120).
13. Коленчатый вал компрессора (дет. 120-3509110).
14. Крестовина кардана (дет. 120-2201030).
15. Вал сошки руля (дет. 120-3401065).
16. Шкворень поворотной цапфы (дет. 120-3001019).
17. Ось шестерни заднего хода (дет. 120-1701092-А).
18. Крестовина дифференциала (дет. 120-2403060).
19. Труба кожуха полуоси (дет. 120-2401012).
20. Вал ведомый КПП (дет. 120-1701105).
21. Вал первичный КПП (дет. 120-1701030).
22. Вал промежуточный КПП (дет. 120-1701048).
23. Шестерня коническая ведущая заднего моста (дет. 120-2402017).
24. Шестерня ведущая цилиндрическая (дет. 120-2402110-Б).
25. Крышка подшипника ведущего вала КПП (дет. 120-1701040).
26. Кулак поворотный (дет. 120-3001014/15).
27. Чашка дифференциала (дет. 120-2403018/19).
28. Шестерня полуоси заднего моста (дет. 120-2403050).

Трактор С-80

1. Корпус сальника (дет. 12305).
2. Корпус шарикового подшипника (дет. 12306).
3. Корпус шарикового подшипника (дет. 12334).
4. Корпус шарикового подшипника (дет. 12324).
5. Валик промежуточной шестерни (дет. 12389).
6. Вал верхний (дет. 12403).
7. Вал нижний (дет. 12406).
8. Шестерня (дет. 12411).

9. Вал муфты сцепления (дет. 14384).
10. Полуось (дет. 16153).
11. Вал конической шестерни (дет. 16154).
12. Фланец (дет. 16191).
13. Корпус роликового подшипника (дет. 16250/16251).
14. Тарелка нажимная (дет. 16305).
15. Муфта (дет. 17310).
16. Шестерня ведомая (дет. 17344).
17. Валик привода шестерни (дет. 17347).
18. Валик (дет. 17371).
19. Валик двухплечевого рычага (дет. 18220).
20. Корпус подшипника (дет. 19212).
21. Шестерня двойная (дет. 19213).
22. Полуось (дет. 19218).
23. Корпус подшипника (дет. 19236).
24. Фланец ведущий (дет. 19255).
25. Ступицы (дет. 19257).
26. Шестерня ведущая (дет. 19269).
27. Корпус подшипников (дет. 19304/19305).
28. Ось (дет. 21716).
29. Ось катка и натяжного колеса (дет. 21747/21789).
30. Вкладыши (дет. 21690/21627).
31. Ось шестерни (дет. 01463).
32. Втулка клапана (дет. 02203).
33. Клапаны впускной и выпускной (дет. 02209/02210).
34. Толкатель (дет. 04204).
35. Валик коромысла (дет. 04213).
36. Стакан (дет. 06489).
37. Шкив вентилятора (дет. 07106).
38. Валик водяного насоса (дет. 08309).
39. Валик шестерни (дет. 09211).
40. Валик насоса (дет. 09240).
41. Палец поршневой (дет. 03158).
42. Корпус подшипника (дет. 3172).
43. Шестерня коленчатого вала (дет. 03322).
44. Шайба (дет. 03176).
45. Вкладыши (дет. 03347/03348).
46. Толкатель клапана (дет. 04410).
47. Палец поршневой (дет. 03305).
48. Распределительный вал (дет. 04230).
49. Клапаны впускной и выпускной (дет. 04234/04235).
50. Валик привода насоса (дет. 09240).
51. Валик привода магнето (дет. 10517).

52. Вал муфты сцепления (дет. 735).
53. Диск неподвижный (дет. 736).
54. Валик к рычагам (дет. 74105).
55. Ось рычагов управления (дет. 74101).
56. Валик кронштейна (дет. 74115).
57. Валик ведущей шестерни (дет. 74122).
58. Вал редуктора (дет. 76107).
59. Ось шестерни редуктора (дет. 76109).

Трактор ДТ-54

1. Клапан впускной и выпускной (дет. 54.01.404/54.01.406).
2. Валик коромысел (дет. А01-16-01).
3. Валик масляного насоса (дет. 54.05.403-1).
4. Валик водяного насоса (дет. 54.12.403-1).
5. Палец паразитной шестерни (дет. 54.03.404).
6. Палец кривошипа (дет. Д-2409.8А).
7. Валик привода масляного насоса (дет. 54.05.406-1).
8. Толкатель впускного клапана (дет. 54.03.411).
9. Толкатель выпускного клапана (дет. 54.03.421).
10. Корпус водяного насоса и вентилятора (дет. 54.12.401).
11. Ось масляной шестерни (дет. 54.37.425).
12. Палец паразитной шестерни привода масляного насоса (дет. 54.05.424).
13. Ось промежуточной шестерни (дет. 54-24-455).
14. Вал регулятора (дет. Д-27101).
15. Полуось задняя коленвала (дет. Д-24012А).
16. Полуось передняя коленвала (дет. Д-24012А).
17. Палец поршневой (дет. Д-24026А).
18. Вал регулятора (дет. Д-27-101).
19. Валик вилки выключения (дет. А-21-33-01).
20. Корпус наружного подшипника (дет. А-21-30).
21. Вилка кардана (дет. А-36-16).
22. Вал ведомый (дет. 54.25.402).
23. Вал главного сцепления (дет. А-21-2-01).
24. Вставное ушко (дет. А-32-9).
25. Вал главного сцепления (дет. 54.21.402).
26. Ось задняя (дет. 54.30-416-1).
27. Цапфа (дет. 54.30-436-1).
28. Вал вторичный с шестерней (дет. 54.37.436-1).

29. Палец валика блокировки (дет. 54.37.406).
30. Ось вилки переключения 5-й передачи (дет. 54.37.450).
31. Вал первичный (дет. 54.37.438).
32. Промежуточный вал (дет. 54.37.025).
33. Вал ведомый (дет. 54.25.402).
34. Палец паразитной шестерни (дет. 54.03.404).
35. Ось катка (дет. 54.31.402).
36. Вал заднего хода (А-37.43-01).
37. Вал заднего моста (дет. 54.38.610).
38. Вал заднего моста (дет. А-38-10).
39. Отводной рычаг правый (дет. 54.38.612).
40. Рычаг тормоза (дет. 54.38.447-1).

Трактор КД-35

Осталиванием могут быть восстановлены следующие детали.

Стальные: клапаны впускной и выпускной, валик декомпрессионный, поршневой палец, распределительный вал, палец промежуточной шестерни, валики масляного насоса, промежуточной шестерни водяного насоса и привода регулятора, фланец шкива водяного насоса, стакан подшипника, вал муфты сцепления и т. п. Всего около 25 наименований.

Чугунные: корпус привода генератора, гнездо переднего подшипника, кронштейн ведущего вала, стакан подшипника, фланец стакана ведущей шестерни, передняя опора трансмиссии.

Приведенная номенклатура деталей для осталивания является ориентировочной. Решать вопрос о целесообразности использования процесса осталивания для восстановления деталей следует лишь после внимательного анализа условий работы деталей.

Опыты Саратовского авторемонтного завода. Процесс восстановления деталей автомобилей ГАЗ-51 и ГАЗ-ММ путем наращивания их электролитическим железом был освоен на Саратовском авторемонтном заводе в 1951 году в содружестве с Саратовским политехническим институтом. В этот период на заводе в качестве электролита использовался среднеконцентрированный раствор хлористого железа (500 г/л) с добавкой хлористого натрия

(50 г/л). Режим осталивания: $t=90-94^{\circ}$; $D_k=15-20$ а/дм²; кислотность 0,5 г/л HCl.

В этих условиях на деталях получались плотные толстые покрытия твердостью 200—220 кг/мм², то есть так называемые «мягкие» железные покрытия.

В зависимости от характера восстанавливаемых деталей на заводе применялись две схемы технологического процесса. По первой схеме детали с относительно невысокой поверхностной твердостью (кронштейн передней рессоры, поворотные цапфы) восстанавливались осталиванием без последующего упрочнения. По второй схеме детали (вал сектора руля, шкворни передней оси и др.) после осталивания цементировались.

Для осталивания деталей на заводе была смонтирована установка, включающая в себя стальную сварную ванну на 500 л без какой-либо внутренней облицовки. Ванна эксплуатировалась на заводе в течение года. За этот период завод восстановил осталиванием значительное количество деталей.

Однако процесс наращивания деталей, осуществляемый в ванне со стальными стенками, не защищенными от воздействия электролита, характеризовался значительной неустойчивостью. Во время работы ванны ее стенки подвергались интенсивной коррозии, которая приводила к быстрому загрязнению и нарушению состава электролита (по содержанию кислоты). В результате качество покрытий на деталях получалось неустойчивым и часто неудовлетворительным (шероховатость и растрескивание). По этой причине завод прекратил эксплуатацию ванны.

Твердое осталивание было осуществлено на заводе (впервые в СССР) в 1956 году по схеме Саратовского политехнического института.

Вначале процесс проводился в керамиковой ванне емкостью 160 л, которая устанавливалась в наружной стальной ванне и подогревалась электрической плитой через водяную рубашку. Электролит нагревался до 70—75° при температуре воды в рубашке 95°.

В июне 1956 года на заводе была смонтирована установка для твердого осталивания по чертежам СПИ с ванной емкостью 500 л. Монтаж новой установки позволил заводу значительно увеличить количество деталей, восстанавливаемых твердым осталиванием. Сменная про-

изводительность установки равна 240—250 толкателям, или стольким же клапанам, или 70—80 шкворням.

В течение года на заводе восстанавливается осталиванием около 80 тыс. деталей различных наименований. Себестоимость деталей, восстанавливаемых осталиванием, в 2—3 раза ниже стоимости восстановления их хромированием. Кроме того, часть деталей с большими износами (от 0,5 до 1,0 мм), направляемых ранее в утиль, в настоящее время восстанавливается осталиванием. С момента начала работы установки завод почти полностью прекратил использование новых шкворней, клапанов и толкателей и сэкономил большое количество металла. Наблюдение технического отдела завода за работой этих деталей показало высокую их износостойкость.

Завод выполняет работу по осталиванию деталей различных машин: поршневых пальцев компрессоров для нефтяной промышленности, шпинделей и других деталей станков, коленчатых валов двигателей в кинопромышленности и др.

Технологический процесс восстановления осталиванием по основной программе участка (клапаны, толкатели и шкворни) состоит из следующих операций: мойки и обезжиривания деталей в моечной машине; дефектовки; механической обработки; мокрой голтовки; промывки холодной водой; сборки деталей в подвесные приспособления; обезжиривания известью; анодной обработки; промывки холодной водой; выдержки в ванне осталивания без тока; включения тока и постепенного повышения его плотности до расчетного значения; промывки водой; снятия деталей с подвесок; нейтрализации; промывки водой; механической обработки.

Мойка и обезжиривание деталей производится в моечной машине щелочным раствором. Для полного удаления масла из внутреннего канала шкворень выдерживается в печи при 350° в течение 10—15 мин.

После мойки, обезжиривания и дефектовки детали шлифуют на бесцентрово-шлифовальном станке для устранения износа и направляют в гальванический цех. (В последнее время на заводе механическая обработка клапанов и толкателей перед осталиванием не производится.)

В гальваническом цехе детали загружают в голтовочный барабан (колокол), вращающийся со скоростью 18 об/мин, и обрабатывают в нем в течение 45—60 мин. в

10%-ном растворе серной кислоты, смешанном с кварцевым песком. Эту операцию мокрой голтовки выполняют для окончательной очистки поверхности деталей и удаления заусенцев.

Обработанные в барабане детали промывают водой от остатков кислоты и песка и собирают в групповых подвесных приспособлениях. Благодаря применению подвесных приспособлений более полно используется рабочий объем ванны осталивания.

При окончательном обезжиривании деталей перед осталиванием на заводе вместо венской извести применяют отходы карбида кальция от сварочного генератора.

Анодная обработка производится в 30%-ном растворе серной кислоты с добавкой 10—30 г/л железного купороса. Плотность электролита 1,23. Подвеску с деталями навешивают в этом электролите на анодную штангу ванны и обрабатывают током при комнатной температуре в течение 20—30 сек. при плотности 70 а/дм². Катоды при анодной обработке служат свинцовые пластины.

Детали осталивают в электролите следующего состава: 220—280 г/л хлористого железа, 10—18 г/л хлористого марганца и 1,5—2,5 г/л соляной кислоты. Концентрация железа в электролите при длительной эксплуатации медленно повышается в результате избыточного растворения анодов и дендритов. Хлористый марганец накапливается в электролите до концентрации 10—18 г/л, и при длительном электролизе содержание его устойчиво колеблется в указанных узких пределах.

Площадь анодов из круглой малоуглеродистой стали примерно в 1,5—2 раза больше поверхности осталиваемых деталей. Аноды — в чехлах из стеклоткани.

После анодной обработки детали промывают холодной водой, переносят в ванну осталивания, выдерживают в ванне без тока в течение 5—8 сек. и включают ток.

Плотность тока при включении 5—8 а/дм², затем она постепенно в течение 5—10 мин. повышается до расчетного значения.

На заводе принят следующий режим осталивания: температура электролита 55—75°, плотность тока 25—30 а/дм², длительность осталивания 70—90 мин. Плотность тока регулируется в зависимости от температуры электролита. С увеличением температуры плотность тока повышается. Такое регулирование режима осталива-

ния позволяет работникам цеха более полно использовать рабочее время смены. В начале смены, когда температура электролита 55°, плотность тока наименьшая — 25 а/дм², затем она постепенно возрастает с увеличением температуры. Микротвердость покрытий при этом повышается в пределах 500—600 кг/мм².

Электролит один раз в месяц фильтруется. Его перекачивают насосом в отстойный бак, где электролит отстаивается примерно 2 дня. Ванну освобождают от остатков анодного шлама и тщательно очищают и промывают. После этого чистый электролит из отстойного бака самотеком подается в ванну через полотняный фильтр.

Указанная периодичность фильтрации электролита завышена, так как к концу этого срока электролит чрезмерно загрязняется, и осадки железа на деталях получаются шероховатыми.

После осталивания детали промывают горячей водой (70—80°), снимают с подвесок и выдерживают (нейтрализуют) в 10%-ном растворе каустической соды. После нейтрализации детали промывают горячей водой для удаления следов щелочи и для ускорения сушки.

Шлифование деталей после осталивания производится на бесцентрово-шлифовальном станке. Припуск на обработку — обычно в пределах 0,30—0,35 мм (по диаметру). После шлифования шкворней клапанов и толкателей под номинальный размер толщина покрытия получается равной 0,20—0,25 мм.

Проверяют прочность сцепления покрытия с деталью путем раздавливания отдельных деталей под прессом. Отслаивание покрытия при этом не допускается.

Детали других наименований, проходящих через участок в единичном количестве (детали оборудования) или малыми сериями, осталиваются по типовому технологическому процессу твердого осталивания с использованием индивидуальных подвесок.

Как указывалось выше, на Саратовском авторемонтном заводе во время работы ванны поддерживают содержание кислоты на уровне 1,5—2,5 г/л НСl. В отдельные периоды работы ванны кислотность в ней повышается до 4 г/л НСl. Такая кислотность электролита является завышенной, так как при высоком содержании в ванне кислоты значительно снижается выход железа по току (на 6—10%), что отрицательно сказывается на производитель-

ности ванны. Кроме того, при высокой кислотности увеличивается химическая активность электролита, вследствие чего становится необходимым повышать требования к материалу стенок и к материалу, применяемому для изоляции участков деталей и подвесок.

Для состава электролитов и режимов электролиза, применяемых на заводе, устойчивая работа ванны может быть обеспечена при содержании в электролите кислоты в пределах 0,8—1,0 г/л HCl.

Более низкого содержания кислоты в электролите также не следует допускать, так как в этом случае на катоде получают некачественные осадки железа, отличные по структуре и свойствам от осадков, получаемых в тех же условиях электролиза, но при более высокой кислотности. Осадки железа, полученные, например, в электролите III при температуре 80°, плотности тока 20 а/дм² и при кислотности 0,3 г/л HCl, легко крошатся, имеют низкую твердость, рыхлую и бестрещиноватую мелкослоистую структуру и темный цвет. Благодаря характерному внешнему виду и излому, напоминающим вид и излом серого чугуна, такие рыхлые осадки были названы в заводской практике сажистыми осадками.

Сажистые осадки получают во всех случаях, когда нарушается соответствие между кислотностью электролита и применяемыми режимами электролиза (при чрезмерно жестких режимах, например при повышенной плотности тока и пониженной температуре электролита). Причина образования таких осадков заключается в том, что при повышенной плотности тока и пониженной кислотности вблизи катода образуется гидроокись, которая захватывается осаждающимся металлом и сообщает ему рыхлость и пониженные механические свойства.

Положительный опыт Саратовского авторемонтного завода по применению твердого осталивания для восстановления деталей в настоящее время осваивается многими заводами различных отраслей народного хозяйства. Работу участка осталивания САРЗа и технологию твердого осталивания внимательно изучали инженерно-технические работники этих заводов.

В настоящее время САРЗ проводит реконструкцию участка осталивания на 4 ванны осталивания. Одна из ванн проектируется для наращивания шеек коленчатых валов по технологии, разрабатываемой в СПИ.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Общие затраты на ремонт станков в СССР составляют примерно 300 млн. руб. в год, причем из этой суммы на изготовление новых деталей станков, взамен изношенных, расходуется около 25%, или 75 млн. руб. Хранение станочных запасных частей на складах вызывает замораживание большого количества оборотных средств.

Из материалов, ежегодно расходуемых на ремонт станков, можно было бы изготовить около 150 тыс. станков средней мощности.

Такие большие затраты металла и средств связаны с тем, что основная масса изношенных деталей направляется в металлолом и лишь незначительная часть восстанавливается для повторной постановки. Изготовление же новых деталей взамен изношенных обходится на предприятиях, эксплуатирующих станки, в 4—8 раз дороже, чем на станкостроительных заводах.

Затраты на ремонт заводского оборудования могут быть значительно сокращены применением восстановительной технологии, что также резко сократит годовой расход металла и общий объем механической работы.

Исследования, проводившиеся СПИ на заводе «Серп и молот», показали, что такие детали, как пиноли, шпиндели, различного рода валики, при капитальном ремонте станков не восстанавливаются и заменяются новыми. Между тем согласно проведенным замерам, износ шпинделей, отбракованных по износу посадочных мест при ремонте токарных и шлифовальных станков, не превосходит 0,06—0,10 мм на диаметр, износ пинолей задних бабок токарных станков 1А62 находился в пределах 0,15—0,20 мм, а износ различного рода валиков коробок скоростей, передач и т. п. — в пределах 0,15—0,25 мм на диаметр.

Анализ технического состояния деталей, заменяемых на заводе при капитальном и других видах ремонтов станков, показывает, что большое количество деталей, коробок передач, коробок скоростей и др. может быть восстановлено осталиванием. Только по трем типам станков 1А62, 2А135 и 3151 для осталивания рекомендовано около 40 основных деталей.

С учетом реальной величины износа толщина покры-

тия, необходимая для восстановления станочных деталей, может быть принята равной 0,5 мм, а для деталей прочего заводского оборудования 1—1,5 мм.

Для выполнения работы по восстановлению деталей оборудования твердым осталиванием на Саратовском заводе «Серп и молот» в содружестве со СПИ организован участок осталивания.

Участок работает в две смены с августа 1962 года. Годовая производительность участка составляет 60 тыс. дм^2 покрываемой поверхности. Годовая экономия от внедрения на заводе осталивания составляет 30 тыс. руб.

Технологический процесс твердого осталивания выполняется на заводе в следующем варианте:

1. Очистка деталей керосином или в моечной машине.
2. Дефектовка деталей: осмотр рабочих поверхностей, замер, определение необходимой толщины покрытия.
3. Механическая обработка (шлифование).
4. Химическое обезжиривание в растворе: едкий натрий — 100 г/л, тринатрий фосфат — 20 г/л, жидкое стекло — 20 г/л. Температура 60—80°, время обезжиривания 20 мин.
5. Промывка.
6. Зачистка покрываемых поверхностей шкуркой.
7. Изоляция поверхностей, не требующих осталивания, изоляционным лаком, эбонитовыми втулками, колпачками, листовой резиной; особенно тщательно изолируются центровые отверстия и шпоночные пазы.
8. Монтаж деталей в подвесные приспособления индивидуальные или групповые; детали длиной более 0,5 м только в индивидуальные приспособления.
9. Анодная обработка в 20%-ном растворе H_2SO_4 : $t = \text{комн.}$, $\tau = 1,5\text{—}2$ мин., $D_a = 70 \text{ а/дм}^2$.
10. Промывка холодной водой.
11. Прогрев в воде при 60—70°, время прогрева для деталей весом менее 5 кг 0,5—1 мин. и для более массивных деталей 1,5—2,0 мин.
12. Выдержка деталей в ванне осталивания без тока: небольшие детали 2—3 сек., массивные 20—40 сек.
13. Осталивание в электролите: 200—280 г/л $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $1,2 \pm 0,2$ г/л HCl . Площадь покрытия в одной завеске — 50 дм^2 . Начальная плотность тока $D_k = 4\text{—}8 \text{ а/дм}^2$, и через 2—3 мин. после загрузки в ванну последней подвески плотность тока плавно (в течение 30—40 сек.) до-

дится до номинального значения $D_k = 36\text{—}40 \text{ а/дм}^2$. Скорость наращивания составляет в час 0,6—0,7 мм по диаметру. При этом колебание содержания кислоты в электролите не более 0,3 г/л. Расстояние между осями анодов и катодов составляет 180 мм. Катод (деталь) находится в центре квадрата, образованного окружающими анодами, что обеспечивает минимальную овальность покрытия.

14. Промывка горячей водой.
15. Демонтаж деталей и снятие изоляции.
16. Нейтрализация в ванне химического обезжиривания.
17. Промывка горячей водой.
18. Шлифование камнем ЭБ 46-80 $\text{СМ}_2\text{—СТ}_1$ при $V_{\text{кр}} = 25\text{—}35 \text{ м/сек}$ и $V_{\text{дет}} = 20 \text{ м/мин}$. Смазочная охлаждающая жидкость подается обильно, не менее 10 л/мин. Жидкость должна обладать антикоррозийными свойствами. Глубина резания до 0,1 мм (дв. х). Чистота поверхности при этих режимах в пределах 7—8 классов $\nabla 7\text{—}\nabla 8$). Снижения твердости при шлифовании не происходит.

Уход за оборудованием и текущее наблюдение за его работой осуществляется на заводе так.

Аноды завешиваются в ванну осталивания в начале смены в чехлах из хлорвиниловой ткани. Такие чехлы удовлетворительно работают при температуре электролита не выше 75°. Если температура выше, ткань сжимается, и чехлы становятся непригодными к работе. Промывка анодов и анодных чехлов производится через 3—4 смены. Срок службы анодов $\varnothing 50$ мм до замены 8—10 смен.

Ванна осталивания работает устойчиво при температуре около 75°, если потребляемый ток равен 1700—1800 а. В этом случае при выключенном подогреве потеря тепла ванны компенсируется джоулевым теплом, выделяемым постоянным током при прохождении через электролит. Если нагрузка током большая, температура электролита начинает повышаться, и для ее выравнивания необходимо включать систему охлаждения электролита (змеевик с проточной водопроводной водой в рубашке ванны).

Кислотность электролита проверяется один раз в начале смены. Корректировка кислотности периодическая:

каждые 20 мин. в ванну добавляется 500 г технической соляной кислоты (уд. вес 1,14). Кислота должна быть прозрачной с желтоватым оттенком. Допускается применение синтетической кислоты (уд. вес 1,18), но категорически избегаются употребление кислоты с коричневым или красным оттенком (с добавками ингибиторов).

Для компенсации потерь электролита на испарение в ванну 3—4 раза в смену добавляется промышленная водопроводная вода. Содержание хлористого железа в ванне увеличивается за смену на 4 г/л. Фильтрация электролита производится через 5—12 дней работы ванны. При этом загрязненный отстой электролита сливается, чем компенсируется накопление железа в ванне. Как показал опыт работы завода, проработки током электролита не требуется.

Электролит в ванне анодной обработки проверяется по удельному весу ареометром 2 раза в месяц. После проверки в ванну добавляется 10—15 кг аккумуляторной кислоты. Химанализ на содержание железа производится 1 раз в месяц.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЗАВОДАХ ИСКУССТВЕННОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Годовые затраты на ремонт оборудования на химических заводах составляют 10—15% балансовой стоимости машин и аппаратов, поднимаясь иногда до 40%. При этом на изготовление новых запасных частей расходуются ежегодно средства, составляющие не менее 3—4% балансовой стоимости оборудования.

Значительная реальная экономия средств может быть получена при восстановлении хотя бы 20—30% сменяемых деталей, что позволит также сократить расход металла и простой машин на ремонтах из-за несвоевременного изготовления новых деталей.

С целью расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей заводского оборудования на Энгельсском заводе искусственного и синтетического волокна в гальваническом цехе БРЦ (блока ремонтных цехов) в содружестве со СПИ организован и пущен в эксплуатацию (в августе 1962 г.) участок осталивания.

На участке освоен разработанный в лаборатории СПИ

способ электролитического наращивания деталей машин сплавом железо—никель¹.

Как показывает проведенный расчет, восстановление на участке деталей только основного оборудования капронового производства обеспечит заводу годовую экономию 127 тыс. руб., и, помимо того, народное хозяйство получит годовую экономию металла в количестве свыше 91 т. Освоение на участке деталей основного оборудования ацетатного производства и вспомогательного оборудования может по меньшей мере удвоить приведенную сумму экономии. Отчетные данные за первый год работы участка показывают полученную заводом экономию около 60 тыс. руб.

Процесс электролитического наращивания деталей железо-никелевым сплавом является вариантом твердого осталивания. В этом процессе изношенные детали машин покрываются слоем твердого электролитического железа, легированного никелем.

Процесс осуществляется в смешанных растворах хлористого железа и никеля различной концентрации. Содержание никеля в осадке изменяется в зависимости от состава электролита и режима электролиза. Структура и свойства железо-никелевых покрытий (твердость, износостойкость и др.) также определяются условиями электролиза. Пригодные для использования в промышленной практике железо-никелевые осадки могут быть получены при следующих условиях электролиза: состав электролита — 200 г/л хлористого железа $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 5—200 г/л хлористого никеля $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,8—1,0 г/л соляной кислоты HCl ; режим электролиза: температура электролита 20—100°, плотность тока 5—140 а/дм².

Для восстановления изношенных деталей, как показали исследования СПИ, наиболее пригодными являются следующие условия электролиза:

состав электролита: 200 г/л $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,

20 г/л $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,

0,8—1,5 г/л HCl ;

режим электролиза: температура 70—80°

плотность тока 20—60 а/дм².

¹ Авторское свидетельство № 128249 от 23 января 1959 г., автор М. П. Мелков.

Аноды — стержни из малоуглеродистой стали. Рабочая поверхность анодов должна быть в полтора-два раза больше площади катодов (деталей). Аноды завешиваются в ванне в чехлах из асбестовой или стеклянной ткани.

Раствор хлористого железа готовится травлением стружек из малоуглеродистой стали в 20%-ном растворе соляной кислоты. В приготовленный раствор добавляется в требуемом количестве хлористый никель (в виде соли) и соляная кислота.

Никель может быть введен в раствор путем растворения в электролите никелевых анодов.

В электролите указанного состава при температуре 70—80° и плотности тока 40 а/дм² на деталях осаждается слой твердого износостойкого сплава железо—никель с содержанием никеля 2,7—3,0% и толщиной до 1—1,5 мм.

Выход металла по току равен при этом 90—95% и скорость осаждения 0,4 мм на сторону в час. Железо-никелевые покрытия характеризуются высокой твердостью — 450—500 кг/мм² и повышенными по сравнению с чисто железными (нелегированными) покрытиями износостойкостью, коррозионной стойкостью и теплостойкостью.

Технологический процесс получения на деталях железо-никелевых покрытий в основном совпадает с процессом получения твердых железных покрытий, и все рекомендации по твердому осталиванию, приведенные в предыдущих главах, могут быть использованы при освоении процесса получения легированных никелем покрытий.

Особенностью нового варианта твердого осталивания является операция «осаждение на деталях сплава железо—никель».

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОГО КОМБАЙНА «ДОНБАСС»

Твердое осталивание на Карагандинском машиностроительном заводе применялось в 1957 году для восстановления изношенных деталей горных комбайнов «Донбасс». В том же году в результате работы участка осталивания завод получил экономию 21,7 тыс. руб. (в новых ценах)¹.

¹ Я. И. Мартин и В. И. Пирогов. Опыт восстановления деталей комбайна «Донбасс» электролитическим осталиванием. Изд. БТИ Карагандинского совнархоза, 1959.

Процесс наращивания твердым электролитическим железом был освоен на заводе для 16 типов деталей различного веса и конфигурации, изготовленных из различных сталей: 1. Вал, № 0100196, сталь 45 улучш. 2. Экцентрическая втулка, № Г-21277, сталь 45 улучш. 3. Водило, № 0206А, сталь 45. 4. Шестерня двойная, № Г-24436, сталь 45ХН улучш. 5. Вал, № 0107002, сталь 40ХН улучш. 6. Вал-полумуфта, № 0207005, сталь 40ХН улучш. 7. Вал-шестерня, № 0209009, сталь 40Н. 8. Вал-шестерня, № 0100011, сталь 45Н улучш. 9. Шатун, № Г-24427, сталь 40Н улучш. 10. Вал-шестерня, № Г-24437, сталь 12ХНЗ цементн. 11. Ритцель, № Г-24396, сталь 12.Х2Н4А цемент. 12. Ритцель, № Г-24398, сталь 12.Х2Н4А. 13. Вал-шестерня, № 1800004, сталь 12.Х2Н4А. 14. Вал-шестерня, № 1804003, сталь 12.Х2Н4А. 15. Коленчатый вал, № Г-24430, сталь 18ЗНВА. 16. Вал, № 1808001, сталь 18ХНВА.

Наращиванию в указанных деталях подвергались главным образом посадочные поверхности под напрессовку и под подшипники качения и лишь в очень незначительной части поверхности трения.

Технологический процесс, освоенный на заводе на основе типового процесса твердого осталивания, включает следующие операции:

1. Очистка деталей от грязи и масел керосином.
2. Сушка в вытяжном шкафу.
3. Механическая обработка на токарном или шлифовальном станках до устранения следов износа (токарная — до 7 класса чистоты, шлифовальная — до 8 класса).
4. Обезжиривание бензином (протираание щетками).
5. Сушка.
6. Изоляция поверхности, не подлежащей осталиванию. Перхлорвиниловый лак накладывается в 2—3 слоя, а на отдельные элементы детали надеваются резиновые чехлы.
7. Сушка.
8. Монтаж на подвески, заделка отверстий, канавок, постановка дополнительных катодов, экранов. Отверстия заделываются эбонитовыми пробками, канавки и торцы обрамляются железной проволокой.
9. Зачистка поверхности наждачным полотном (сначала средним, а потом мелким).

10. Окончательное обезжиривание венской известью. 3—5-кратная протирка поверхности щетками с известью до полной смачиваемости поверхности водой.

11. Промывка холодной водой.

12. Анодное травление в электролите 365 г/л H_2SO_4 при 18—20°, $D_a = 10—50$ а/дм² в зависимости от марки стали, $\tau_a = 1—2$ мин.

13. Промывка горячей водой при 85—90° в течение 0,5—2 мин.

14. Завешивание и прогревание в ванне осталивания в течение 0,5—2 мин. в зависимости от марки стали и массы детали. Состав электролита: 180÷220 г/л хлористого железа, 100÷150 г/л поваренной соли, 10÷50 г/л хлористого марганца и 0,5÷1 г/л соляной кислоты. Температура 60—90°.

15. Осталивание в том же электролите. Температура 60—90°. Плотность тока 25—40 а/дм².

16. Промывка горячей водой при 80—90°.

17. Снятие изоляции и демонтаж с подвески.

18. Промывка холодной водой.

19. Нейтрализация в растворе кальцинированной соды (50 г/л) при 18—20° в течение 60 мин.

20. Промывка горячей водой при 85—90°.

21. Сушка в сушильном шкафу при 85—90° в течение 10—15 мин.

22. Старение. Нагрев до 180—250° и выдержка при этой температуре 30—60 мин.

23. Механическая обработка на токарном или шлифовальном станке.

24. Контроль качества покрытий. Производится наружный осмотр с помощью лупы, замеры диаметров и определение твердости — с помощью набора эталонных напильников.

25. Смазка солидолом для хранения на складе.

Особенности технологии осталивания заключаются в следующем.

Для изоляции на заводе широко используются резиновые чехлы из 2-мм листовой резины. Определенный набор таких чехлов разного диаметра и формы упрощает и удешевляет эту операцию процесса осталивания. Особенно удобны они для изоляции шестерен и цилиндрических поверхностей.

При монтаже деталей отверстие заделывают резино-

выми, текстолитовыми или стальными пробками, торцы, углы и ребра деталей окантовывают 0,5—2-мм стальной проволокой, пазы выкладывают ею же. Иногда удлиняют короткую шейку детали стальным кольцом.

Содержание сернистого железа в ванне допускает-ся не выше 30 г/л. Наблюдение за процессом анодной обработки ведется по показаниям вольтметра. Резкое скачкообразное увеличение напряжения указывает на начало выделения кислорода, который срывает с поверхности детали темную пленку продуктов травления. Выдержав деталь в электролите еще 5—90 сек., ее вынимают из ванны, быстро промывают в горячей воде и сразу же завешивают в ванну осталивания и прогревают, выдерживая в электролите без тока в течение 15—20 сек. Длительность прогрева зависит от массы прогреваемой детали и устанавливается опытным путем для каждого вида деталей в отдельности.

После прогрева детали дают ток плотностью 5 а/дм², сохраняют эту плотность в течение 3—5 мин., затем постепенно повышают ее в следующие 5—15 мин. до заданной величины.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И МЕХАНИЗМОВ

Существующая в настоящее время практика ремонта судовых двигателей и механизмов, основанная главным образом на замене изнашиваемых деталей новыми, ежегодно требует значительных материальных и денежных затрат. Эти затраты могут быть резко сокращены при внедрении восстановительной технологии и, в частности, твердого осталивания.

В 1956—1957 годах СПИ и ЦНИИРФ (ныне ЛИВТ — Ленинградский институт водного транспорта) совместно провели работу по исследованию и разработке технологических процессов восстановления твердым осталиванием деталей серийных судовых двигателей. На основе этой работы Министерство речного флота приняло решение об освоении твердого осталивания на семи судоремонтных заводах. Опытные участки осталивания были организованы на Красноярском заводе им. Победимова и на Горьковском заводе им. 40-летия Октября.

Так как основной целью работы являлось внедрение твердого осталивания на специализированных предприятиях МРФ, то объектами для опытного осталивания служили в основном детали двигателей (ЗД6, 18Д, Букау—Вольф и др.).

Однако осталиванию подвергались также детали других машин, в том числе паровых машин и механизмов, автомобилей и тракторов.

Из общего количества восстановленных деталей ряд наименований деталей судовых механизмов (клапаны, поршневые пальцы, золотники паровых машин и др.) был направлен на судоремонтные заводы (Невский, ЛенРЭБ, Балттехфлот и др.), поставлен на машины и проверен на работоспособность в условиях эксплуатации судов. Опытные детали, установленные на двигателях теплоходов, показали износостойкость, равную износостойкости стандартных деталей.

По судовым серийным двигателям были рекомендованы для осталивания следующие детали:

Дизель ЗД6

1. Шестерня привода топливоподающей помпы (дет. 302-32-1).
2. Палец передачи к масляному насосу (дет. 302-18-2).
3. Горизонтальная шестерня привода топливоподкачивающего насоса (дет. 302-21).
4. Шестерня нижнего вертикального валика (дет. 302-23-7).
5. Вертикальный валик нижний (дет. 302-45-6).
6. Гильза (дет. 303-07-7).
7. Поршневой палец (дет. 304-70).
8. Клапан впуска (дет. 306-46-1).
9. Клапан выпуска (дет. 306-50-4).
10. Направляющая клапана (дет. 306-17-4).
11. Распределительный вал (дет. 507-06).
12. Распределительный вал выпуска (дет. 507-15).
13. Валик привода топливного насоса (дет. 308-40-8).
14. Валик передачи (дет. 308-63-5).
15. Наклонный валик привода распределения (дет. 308-67).

16. Шестерня валика привода распределения (дет. 308-68-2).
17. Наклонный валик привода динамо (дет. 3308-69).
18. Валик горизонтальный привода динамо (дет. 508-71).
19. Валик привода распределителя воздуха (дет. 310-07).
20. Валик крыльчатки (дет. 511-03-1).
21. Болт стяжной призонный (дет. 3312-31А).
22. Крестовина (дет. 315-611-2).
23. Вал переднего хода (дет. 525-56-5).
24. Вал заднего хода (дет. 525-54-2).
25. Вал редуктора (дет. 525-41-2).
26. Валик (дет. 525-47-3).
27. Ось паразитной шестерни (дет. 525-73-2).
28. Болт призонный (дет. 525-120-2).
29. Вал топливного насоса (дет. 527-41).
30. Поршень маслоподкачивающего насоса (дет. 580-12).
31. Валик помпы забортной воды (дет. 584-527).
32. Втулка верхней головки шатуна (дет. 304-13).
33. Втулка корпуса помпы забортной воды (дет. 524-27-3).

Дизель 18Д

1. Поршень (дет. 140-21-00-01).
2. Палец поршневой (дет. 140-21-00-02).
3. Втулка верхней головки шатуна (дет. 140-22-00-04).
4. Клапан впуска (дет. 140-15-00-01).
5. Клапан выпуска (дет. 140-16-00-01).

Помимо номенклатуры деталей двигателей ЗД6 и 18Д, рекомендованных для восстановления твердым осталиванием, этим же способом могут быть восстановлены детали других судовых машин и механизмов, например штоки паровых машин главных и вспомогательных механизмов, штоки и цилиндрические золотники брашпилей, шпилей и рулевых машин, пальцы бабкок и полубабкок и поводки гребных колес, поршни, золотниковые штоки, крейцкопфные пальцы пародинамо и другие.

На основе трудов СПИ и собственных исследований ЛИВТ разработал промышленную установку осталива-

ния, которая принята комиссией МРФ к серийному производству для оснащения цехов и участков восстановления изношенных деталей главных и вспомогательных судовых дизелей и других механизмов, эксплуатирующихся в системе речного флота. Подробное описание установки дано в брошюре, выпущенной Ленинградским домом научно-технической пропаганды (ЛДНТП) (Н. В. Запольский. Восстановление и упрочнение деталей осталивания на автоматизированной установке, Л., 1961).

Состав электролита ЛИВТ рекомендует следующий: 200—300 г/л хлористого железа, 20—60 г/л хлористого натрия или аммония, 20—50 г/л хлористого марганца, 0,8—1,5 г/л соляной кислоты. Все остальные рекомендации ЛИВТа соответствуют типовому технологическому процессу твердого осталивания (см. гл. III).

Глава VI

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКОВ ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УЧАСТКОВ ОСТАЛИВАНИЯ

Участки восстановления деталей машин твердым осталиванием созданы в содружестве с кафедрой «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» СПИ и по разработанной ею технологической документации на ряде предприятий Приволжского и других экономических районов.

Участки осталивания организованы на Саратовском, Ивановском, Волжском, Волгоградском, Киевском № 3, Кунгурском и некоторых других авторемонтных заводах, на саратовском заводе «Серп и молот», в мастерских Саратовского управления трамваев и троллейбусов. Участки по восстановлению деталей машин железо-никелевым сплавом организованы на Златоустовском металлургическом заводе, на Энгельсском заводе искусственного и синтетического волокна, в Энгельсских мастерских Саратовского облавтотреста. Кроме того, большое количество предприятий в различных отраслях народного хозяйства проводит работу по организации участков твердого осталивания на основе рекомендаций СПИ.

В соответствии с рассмотренным ранее (глава III) технологическим процессом и на основе опыта работы существующих участков осталивания может быть рекомен-

дован следующий комплект специального и стандартного оборудования для организации участка (табл. 11).

Таблица 11

Рекомендуемое оборудование для участка твердого остоливания

Оборудование	Тип	Габаритные размеры, мм *
Установка для остоливания с отстойным баком и фильтровальным устройством	СПИ	См. стр. 169
Ванна для холодной воды	МВ-013	1160×836
Ванна для горячей воды	МВ-013	1130×686
Ванна для анодного травления	МВ-006	1370×956
Ванна для извести	МВ-011	1120×600
Ванна для химического травления	МВ-005	686×586
Ванна для электрообезжиривания	МВ-007	1332×924
Ванна для опилок	МВ-043	700—500
Полировальный станок (2,2 квт)	38-85	—
Верстак слесарный на 1 рабочее место	ПИ-009	1400×800
Стеллаж секционный для деталей	ПИ-030	1400×450
Стеллаж для сборки деталей	ПИ-053	1200×800
Стол конторский	—	1000×700
Агрегат низковольтный (5,6 квт) для анодной обработки	АНД 500/250	—
Агрегат низковольтный (11,5 квт) для ванны с электролитом остоливания	АНД 1500/750	—

* Все размеры даны по каталогу Гипроавтотранса.

Оборудование для остоливания однотипно с оборудованием, применяемым при хромировании, кроме установок для остоливания.

В табл. 11 показан комплект оборудования для одной установки остоливания. Вспомогательное оборудование при выполнении такой программы будет недогружено.

В случае большей программы участка количество установок остоливания может быть увеличено до трех при неизменном количестве вспомогательных ванн.

Площадь участка остоливания, необходимая для раз-

мещения оборудования, ориентировочно составляет 40—50 м².

Если участок остоливания входит в состав гальванического цеха завода, то помещение для остоливания (с ваннами) рекомендуется отделить от других помещений для предохранения оборудования цеха от коррозии испарениями электролита.

Участок остоливания в виде самостоятельного отделения или цеха должен быть размещен в трех помещениях: подготовительном, ванном и агрегатном. В подготовительном помещении размещается полировальный станок, верстак, стол для сборки, стеллаж для хранения деталей и шкаф.

В ванном помещении размещаются все ванны и в агрегатной — вентилятор и агрегаты постоянного тока с распределительными щитами.

Все помещения цеха должны быть разделены между собой непроницаемыми стенками для предохранения ванн от пыли и агрегатов от вредных выделений гальванических ванн.

Если на заводе или в гальваническом цехе нет химической лаборатории, то в составе цеха остоливания рекомендуется предусмотреть помещение для организации рабочего места по химическому анализу электролитов и материалов.

Строительные требования. Пол помещения участка остоливания облицовывается метлахскими плитками по асфальту с наклоном к канализационному трапу. Стены на высоту 1,5 м и оборудование красят масляной краской.

В отделении должно быть хорошее естественное и искусственное освещение.

Температура в помещении в зимнее время должна быть не ниже 18°.

Для завешивания в ванну остоливания и для транспортировки тяжелых деталей в отделении необходимо иметь надземный транспорт (монорельс с электротельфером и др.). Мелкие детали следует перевозить на специальных тележках.

Приточно-вытяжная вентиляция. Вытяжная вентиляция предусматривается в виде местных отсосов: двухсторонние бортовые отсосы от ванн и специальные кожухи у полировального станка.

В ваннах осталивания, выделяющих в рабочую зону цеха значительное количество паров, необходимо устраивать местную вытяжную вентиляцию в виде бортовых отсосов. Бортовые отсосы наиболее эффективны для ванн шириной менее 1 м.

Для уменьшения поверхности испарения целесообразно над ваннами устраивать козырьки или крышки, снимаемые или отодвигаемые во время загрузки и выгрузки деталей.

Бортовые отсосы могут быть односторонними. Односторонние бортовые отсосы допустимы:

а) для отдельно стоящих ванн, имеющих ширину не более 600 мм;

б) при установке ванн вплотную у стены, но при условии, что ширина ванны не превышает 800 мм. Скорость воздуха в бортовых отсосах принимается равной 8—11 м/сек. Количество отсасываемых от ванны осталивания испарений при температуре 90—100° с 1 м² зеркала ванны следует брать:

при ширине ванны до 500 мм	40—45 м ³ /мин
" " " " 500—700	50—55 "
" " " " 750—900	55—60 "
" " " " до 1000	60—64 "

Нормы отсоса (в м³/мин) испарений (с 1 м² зеркала электролита) для других ванн могут быть приняты следующие: от ванн обезжиривания — 40, анодного травления — 60, горячей промывки — 25, химического травления — 40.

Вытяжка от ванн производится через бетонные каналы под полом или железными воздуховодами с помощью центробежного вентилятора, установленного в агрегатной. Каналы под полом футеруют смолой с добавкой гудрона и прокладывают с уклоном к сборнику конденсата, устроенному в канале. Для удаления конденсата из сборника над ним устраивают люк.

Железные воздуховоды для вытяжки от ванн покрывают внутри и снаружи бакелитовым лаком по предварительной грунтовке. У каждого отсоса устанавливают дроссель-клапан. Вентилятор через вытяжную шахту должен выбрасывать воздух в атмосферу на 1,5 м выше конька крыши.

От полировального станка отсос производится воздуховодами от пылевого вентилятора.

Разрежение, создаваемое в помещении вытяжкой, пополняется в зимнее время приточной вентиляцией, нагнетающей подогретый до 17° воздух в рабочую зону помещения в размере 90% от количества отсосанного. Скорость поступления воздуха в помещение около 2 м/сек. Летом приток воздуха естественный, через открытые окна.

Норма отсоса от полировального станка определяется в 60 м³/час с каждых 25 мм диаметра полировального круга.

Пароснабжение. Потребителями пара в отделении являются калориферы приточной вентиляции и ванны: осталивания, горячей воды, для опилок, электрообезжиривания.

Расход пара приведенными потребителями определяется в соответствии с действующими нормами проектирования гальванических цехов.

Потребление пара для ванны осталивания происходит в основном в период разогрева. Остальное время рабочая температура электролита осталивания может поддерживаться электронагревательным устройством.

Водопроводная сеть. Потребителями воды в отделении в основном являются ванны холодной и горячей промывки. Общий расход воды на все ванны ориентировочно (по данным проектных организаций) может быть принят 1,2 м³/час, или 0,35 л/сек.

Сливная сеть. Основные загрязнения сточных вод — кислоты, щелочи и соли. Для ванн анодного травления и осталивания принимается, что 1 м³ поверхности уносит 100 см³ электролита.

Отвод сточных вод из ванн промывки и рубашки ванн осталивания производится газовыми трубами, по которым вода отводится в ближайший сливной бетонный канал, сделанный в полу. Внутренние стенки канала затирают кислотоупорным цементом. Каналы покрыты чугунными решетками.

Пол в цехе должен иметь уклон 1:150 в сторону сливных каналов. Сливной трап должен одновременно являться и водяным затвором.

Для очистки сточных вод вне здания должен быть установлен подземный нейтрализатор, размеры которого примерно равны 3,0 × 1,0 м и высота 2,95 м.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УСТАНОВКИ ОСТАЛИВАНИЯ

Опыт ремонтных заводов, освоивших твердое осталивание, показывает, что одним из важнейших моментов, обеспечивающих успешное внедрение этого способа, является наличие у заводов надежной конструкции установки осталивания, которая удовлетворяла бы специфическим требованиям процесса электроосаждения железа из горячих хлористых электролитов. Этот процесс характеризуется рядом особенностей.

1. Свойства покрытий, получаемых при осталивании, зависят от условий электролиза (концентрации и кислотности электролита, температуры электролита, плотности тока). Изменение условий электролиза в ту или другую сторону вызывает соответственное отклонение от заданных свойств покрытий. Поэтому при осталивании необходимо строго выдерживать заданные режимы электролиза и при изготовлении установки для осталивания оборудовать ее устройствами, позволяющими сохранять и регулировать эти режимы.

2. Горячие растворы хлористого железа, применяемые для осталивания, вызывают интенсивную коррозию большинства металлов и их сплавов, применяющихся в обычных заводских условиях. По отношению к указанным растворам большинство металлов и сплавов относится к V—VI группам (по десятибалльной шкале коррозионной стойкости металлов), то есть являются или малостойкими или нестойкими. Только немногие металлы и сплавы, такие, как молибден, антихлор и хастеллой В и некоторые другие, устойчиво работают в соприкосновении с хлористым железным электролитом при высокой температуре. При применении малостойких и нестойких металлов для изготовления деталей установки, соприкасающихся с электролитом, возникает коррозия стенок и падение кислотности электролита, то есть нарушение состава электролита и, следовательно, заданных свойств покрытий. Поэтому при изготовлении установки необходимо обращать большое внимание на выбор материала для отдельных ее деталей, соприкасающихся с электролитом.

3. При осталивании особенно большое значение имеет постоянство температуры электролита. Резкие колебания температуры во время электролиза, а также разная тем-

пература в верхних и нижних слоях электролита служат причиной получения покрытия с неоднородными свойствами по толщине слоя и по его поверхности. В отдельных случаях может произойти даже отслаивание покрытия. Поэтому в процессе электролиза необходимо поддерживать температуру электролита в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$.

4. Процесс осталивания осуществляется с растворимыми анодами, которые в производственных условиях изготавливаются из малоуглеродистой стали. Растворяясь, аноды загрязняют электролит анодным шламом (нерастворимые частицы), который является причиной образования бугристых осадков железа на деталях. Включение в осадок шлама ухудшает механические качества осадка, а шероховатость вызывает необходимость увеличения припуска на последующую механическую обработку, то есть увеличение длительности электролиза. Поэтому в процессе электролиза следует принимать меры для поддержания прозрачности электролита.

5. Высокая температура процесса осталивания ($60—80^\circ$) вызывает испарение электролита. Так как испаряется преимущественно вода, то концентрация железа в электролите увеличивается. Это также отражается на стабильности механических свойств покрытия. Периодическая добавка воды в процессе электролиза приводит к коротким, но резким колебаниям температуры. Поэтому в конструкции установки для осталивания желательно предусмотреть устройство для непрерывного добавления воды в электролит взамен испаряющейся (из расчета 9—10 л воды в час с 1 м² зеркала ванны).

6. В процессе осталивания происходит непрерывное уменьшение свободной соляной кислоты, которая расходуется на испарение и на химические реакции при электролизе. Изменение кислотности электролита приводит к изменению условий осаднений металла, а следовательно, к изменению свойств покрытия. Помимо того, при уменьшении содержания кислоты ниже определенного предела электролит мутнеет, что также отражается на свойствах покрытия. Поэтому установка для осталивания должна иметь устройство для пополнения убыли соляной кислоты.

7. Испарение электролита вредно отражается на здоровье обслуживающего ванну персонала, а также вызывает ржавление металлических частей оборудования це-

ха. Поэтому ванна осталивания должна быть оборудована местным отсосом.

Все указанные особенности процесса осталивания требуют внимательного отношения к вопросам проектирования и монтажа установки.

В соответствии с этими особенностями процесса установка для осталивания должна включать в себя следующие конструктивные элементы: ванну осталивания, устройство для подвешивания анодов и деталей, устройство для нагрева электролита, устройство для поддержания постоянной температуры электролита, устройство для поддержания уровня и кислотности электролита, устройство для фильтрации электролита и для его перемешивания, бак-отстойник, крышку для закрытия ванны в нерабочее время, устройство для отсоса вредных испарений с зеркала ванны.

ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНН ОСТАЛИВАНИЯ

Одним из наиболее ответственных вопросов при проектировании и монтаже установки для осталивания является выбор материала стенок ванны, устойчивого против действия хлористого железного электролита. Решение этого вопроса определяет тип ванны и ее конструкцию.

В зависимости от характера устройства для нагрева электролита применяются ванны двух типов:

1) ванны с внешним нагревом электролита, у которых нагревательное устройство расположено вне ванны и не соприкасается с электролитом;

2) ванны с непосредственным (внутренним) нагревом, у которых нагреватели расположены непосредственно в электролите.

Возможны различные варианты конструкции ванн осталивания с учетом имеющегося опыта лабораторной и заводской эксплуатации различных ванн и возможностей промышленности по изготовлению кислотостойких материалов (рис. 38).

Более удобными и практичными в условиях эксплуатации оказались ванны с внешним нагревом. Материал таких ванн должен быть одновременно кислотостойким и теплопроводным. При этом наиболее удобными по обслуживанию явились бы необлицованные металлические

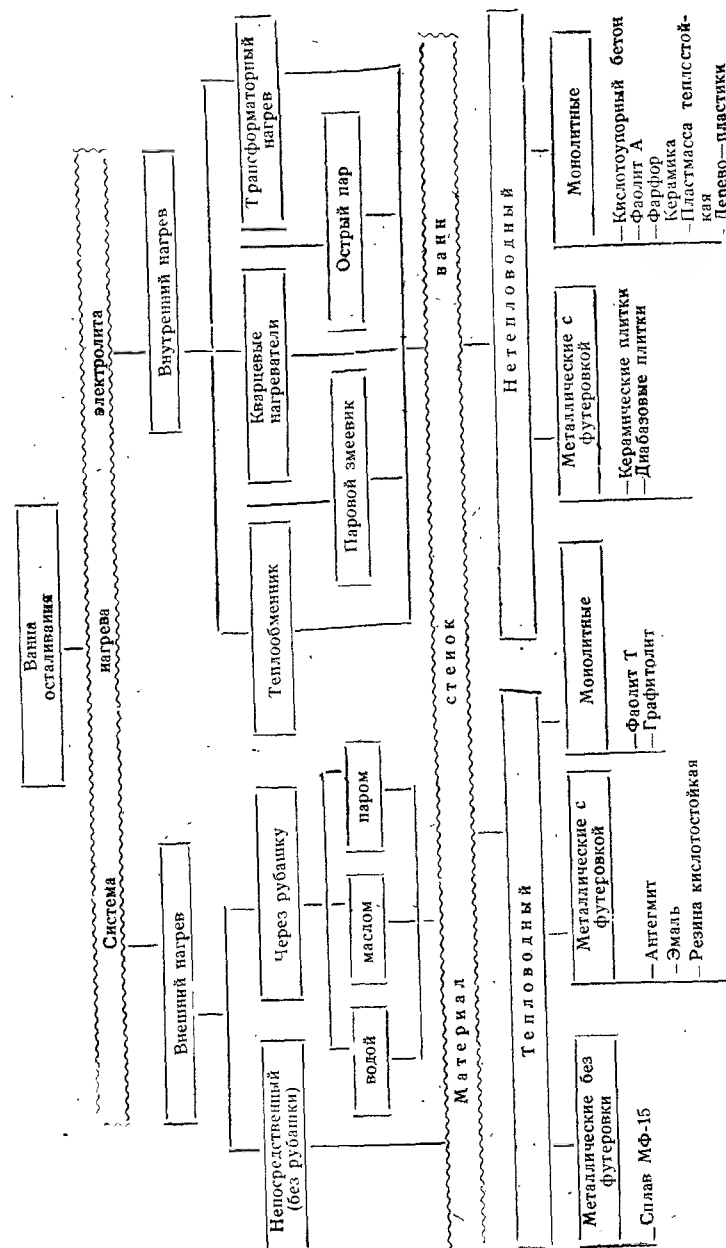


Рис. 38. Схема различных типов ванн осталивания

ванны, изготовленные из металлов, стойких по отношению к растворам соляной кислоты и хлористых солей железа.

Одним из наиболее стойких металлов в указанных растворах является железо-кремне-молибденовый сплав марки МФ-15. Химический состав сплава в процентах: С—0,51—0,77; Si—14,1—16,75; Мо—2,6—3,94; Мп—0,3—0,5; Р—0,10; S—0,10; Fe—остальное. Сплав МФ-15 (антихлор) пригоден для изготовления ванн, обогреваемых масляной рубашкой, паровых змеевиков, деталей насосов и фильтров. Однако в условиях ремонтных заводов кислотостойкие металлы дефицитны, и поэтому за последние годы внимание производителей обращено на использование при осталивании металлических ванн, облицованных изнутри кислотоупорными материалами, обеспечивающими большую или меньшую теплопроводность стенок.

К ним относятся ванны: 1) облицованные химически стойкими теплопроводными плитками; 2) эмалированные; 3) гуммированные и 4) покрытые различными лаками.

Наиболее надежными в эксплуатации являются ванны, облицованные графитовыми плитками, пропитанными смолой, затем следуют ванны эмалированные, гуммированные и покрытые различными лаками.

К группе ванн с внешним нагревом относятся также фарфоровые и керамиковые ванны небольшой емкости (до 200 л). Несмотря на невысокий коэффициент теплопроводности фарфора и керамики (0,5—0,7 ккал/м·ч·град), такие ванны успешно применялись при осталивании на отдельных заводах.

Ванны с внутренним нагревом готовятся из материалов с невысокой теплопроводностью (от 0,13 до 0,7 ккал/м·ч·град). Основным недостатком таких ванн является необходимость помещать нагреватели непосредственно в электролит. Вследствие этого при устройстве ванн осталивания возникают дополнительные трудности по выбору типа нагревателей, пригодных для работы в химически агрессивном электролите.

При изготовлении ванн с внутренним нагревом возможны два решения. В одном случае ванны целиком изготавливаются из химически стойкого по отношению к электролиту материала. Сюда относятся ванны неметаллические — фаолитовые, деревянные, бетонные из кислотоупорного бетона и др. Во втором случае ванны изготовля-

ются из обычных строительных материалов (бетон, чугун, сталь и др.), не стойких по отношению к железному электролиту, и облицовываются изнутри кислотостойкими материалами низкой теплопроводности (кислотоупорные силикатные или каменные плитки, пластмассовые материалы).

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ ОСТАЛИВАНИЯ СПИ

При промышленном освоении процесса осталивания на заводах хорошие результаты показали стальные сварные ванны, футерованные изнутри кислотостойкими и теплопроводными углеграфитовыми плитками, известными под названием «антегмит», марки АТМ-1. Использование этого материала при изготовлении ванны позволило найти более простое конструктивное решение отдельных элементов и обеспечило надежную работу установки.

Ниже приводится описание конструкции установки осталивания, разработанной в СПИ и включающей в качестве основного конструктивного элемента стальную ванну, футерованную антегмитовыми плитками.

Установка состоит из следующих элементов: 1) ванны; 2) отстойного бака; 3) насосно-фильтровального устройства; 4) устройства для поддержания уровня и кислотности электролита и 5) вентиляционного кожуха.

Тип ванны — с внешним подогревом; внутренние габариты 1220 × 848 × 725 мм, рабочий объем электролита 450 л; рабочая сила тока до 1500/750 а; напряжение генератора 6/12 в; мощность нагревателей 24 кВт; паровой змеевик 3/4" общей длиной 10,2 м.

Общий вид ванны осталивания показан на рис. 39. Ванна представляет собой жесткую сварную конструкцию из листовой 6-мм стали с наружным каркасом из углового железа 45 × 45 мм. Все соединения стенок и дна ванны выполняются электросваркой плотным нормальным швом.

Кожух ванны 2 несет на себе основную нагрузку от веса штанг, анодов, деталей и вентиляционного кожуха 6, поэтому он изготавливается из 4—5-мм стали и имеет внутренний каркас из углового железа 45 × 45 мм. На боковых стенках кожуха внутри закреплены два змеевика из 3/4" труб общей длиной 10,2 м. Змеевики служат в зависимо-

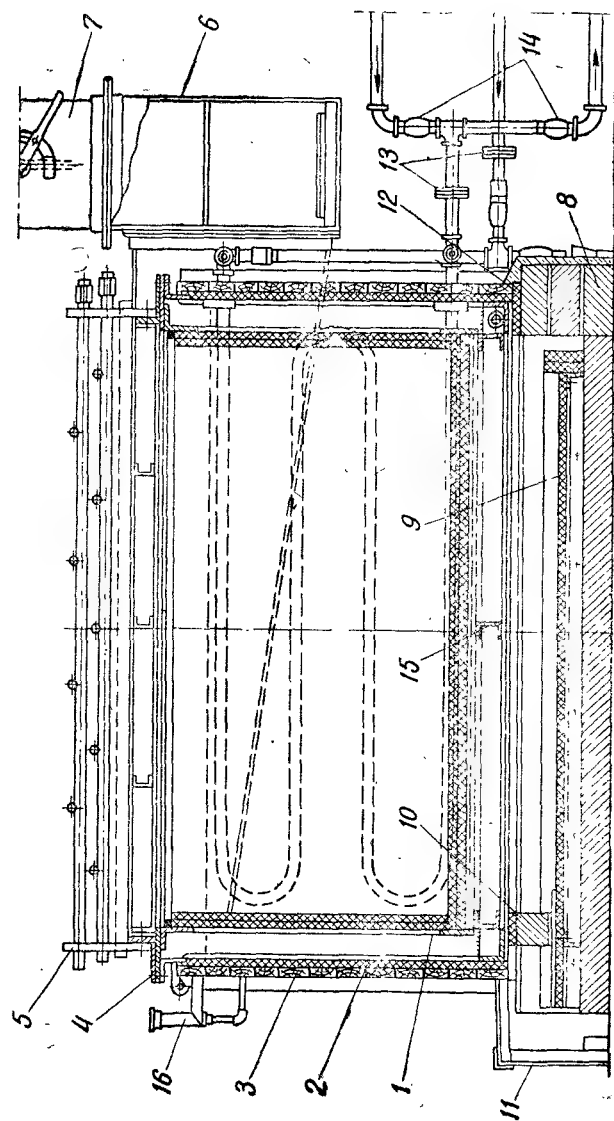


Рис 39. Ванна осталивания с антегмитовой футеровкой:

1 — ванна осталивания; 2 — кожух рубашки; 3 — теплоизоляция; 4 — поперечные угольники; 5 — устройство для зашивания анодов и деталей; 6 — вентиляционный кожух; 7 — камера регулирования отсоса; 8 — фундамент; 9 — электрический нагреватель; 10 — экран электронагревателя; 11 — передний щиток; 12 — прокладка; 13 — электроизоляция; 14 — вентилятор; 15 — швеллер; 16 — заливная горловина.

сти от режима работы ванны или для нагрева жидкости в рубашке паром, или для охлаждения жидкости водопроводной водой.

Поступление в змеевики пара или воды и спуск конденсата регулируется четырьмя вентилями. На дне кожуха приварены три швеллера 15, на которых устанавливается ванна осталивания. Пространство между кожухом и ванной заполняется маслом или водой (260 л) и сверху плотно закрывается двумя поперечными уголками 4 и двумя продольными полосами из 3-мм листового железа. Снизу кожуха вваривается штуцер с краном для слива масла или воды из рубашки. Сверху в передней части вварена заливная горловина 16, соединенная трубкой с вентиляционным кожухом, и трубка для контроля уровня жидкости в кожухе. Снаружи кожух имеет теплоизоляцию 3 из 10-мм асбеста и деревянных щитов.

Отсос испарений с зеркала ванны осуществляется с помощью вентиляционного кожуха 6, состоящего из двух бортовых отсосов и задней сборной камеры. Последняя через камеру регулирования отсоса 7 присоединяется к трубопроводу вентилятора. Бортовые отсосы устанавливаются на кожухе ванны и стягиваются спереди стяжкой. Регулирование отсоса от ванны производится с помощью специальной заслонки, расположенной в камере. Отсос испарений от нагретого в рубашке масла производится с помощью трубки, соединяющей полость масляной рубашки с вентиляционным кожухом.

Устройство для зашивания деталей и анодов 5 выполнено в виде четырех опорных латунных штанг $\varnothing 40$ мм, закрепленных над ванной в продольном направлении в текстолитовых опорах. С целью равномерной загрузки током верхние и нижние штанги попарно соединены между собою медными шипами. По верхним и нижним опорным штангам свободно перемещаются штанги, на которых зашиваются детали и аноды. Текстолитовые опоры штанг закреплены на кожухе ванны с помощью уголков и болтов.

Ванна в сборе с кожухами устанавливается на фундаменте 8, который состоит из двух опорных швеллеров № 20, соединенных по торцу (сваркой) двумя уголками, и П-образной кладки из огнеупорного кирпича. Фундамент ванны одновременно служит для размещения в нем электронагревателя 9.

Электрический нагреватель типа электрической плиты выполнен в виде рамки из уголкового стали, на которой крепятся плита и три стенки нагревателя из асбошифера толщиной 15 мм. На плите с помощью роликов крепятся спирали из нихромовой проволоки $\varnothing 0,7$; 1,2 и 1,6 мм.

Нагрев электролита — комбинированный с помощью пара и электроэнергии. В период разогрева, когда в ванну должно подводиться значительное количество тепла, включается пар и на полную мощность электронагреватель (24 кВт). Во время работы ванны в зависимости от режима электролиза работает часть спиралей нагревателя, включаемых автоматически и рубильником.

Мощность нагревательного устройства рассчитана на 2-часовой нагрев электролита от комнатной до рабочей температуры.

Для сохранения прочности облицовки ванны нагрев электролита производится через рубашку, при этом температура масла в период разогрева не должна превышать 150°C .

Все спирали электронагревателя разделены на четыре группы.

1. Группа постоянно включенных спиралей. $P=3$ кВт, $\varnothing 0,8$, $I=4,55$ а;

2. Группа спиралей, включаемых в период разогрева ванны. $P=9$ кВт, $\varnothing 68$, $I=13,6$ а.

3. Группа спиралей, включаемых рубильником при малой силе тока на ванне (малое выделение джоулева тепла). $P=6$ кВт, $\varnothing 1,2$, $I=9,1$ а.

4. Группа спиралей, включаемых на автоматическое управление. $P=6$ кВт, $\varnothing 1,2$, $I=9,1$ а.

В передней части нагреватель закрывается экраном из огнеупорного кирпича 10 и листового асбеста. Электропроводка к нагревателю закрывается передним щитком 11.

От заземления ванна предохраняется с помощью П-образной прокладки 12 из 10-мм листового асбеста, расположенной между кожухом 2 и фундаментом 8, а также с помощью специальных электроизоляционных соединений 13 на всех отходящих трубопроводах и воздухоходе.

Разогрев электролита ведется с помощью электронагревателя и змеевиков, подключаемых к паропроводу. После нагрева электролита до рабочей температуры пар

отключается, и змеевики могут быть использованы для охлаждения электролита водой при больших токовых нагрузках.

Схема электрического нагрева ванны показана на рис. 40.

Одновременно с выключением пара рубильником 5 отключаются спирали 11 мощностью 9 кВт. При силе посто-

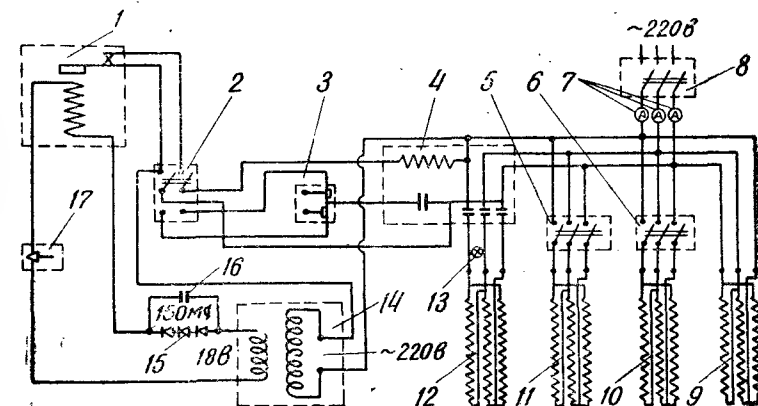


Рис. 40. Электронагрев и автоматическое регулирование температуры электролита:

1 — реле; 2 — рубильник-переключатель; 3 — пусковая кнопка; 4 — магнитный пускатель; 5 и 6 — рубильники; 7 — амперметры; 8 — фидерный рубильник; 9, 10, 11 и 12 — нагревательные спирали; 13 — сигнальная лампа; 14 — понижающий трансформатор; 15 — селеновый выпрямитель; 16 — конденсатор; 17 — манометрический термосигнализатор ТС-200.

янного тока на зажимах ванны свыше 700 а рубильником 6 отключаются также спирали 10 мощностью 6 кВт.

Рабочая регулировка теплового режима ванны осуществляется периодическим включением спиралей 12 мощностью 6 кВт при постоянно включенных спиралях мощностью 3 кВт.

Такое разделение спиралей на группы и такая схема их работы позволяет сократить автоматически регулируемую мощность до 6 кВт и получить более плавную характеристику нагрева масляной рубашки.

Устройство для автоматического поддержания заданной температуры состоит из датчика 17, контактора переменного тока 4 и вспомогательного реле 1, предназначенного для включения и выключения контактора.

В качестве датчика используется манометрический термометр — сигнализатор ТС-200. В качестве контактора переменного тока использован магнитный пускатель 4 типа П-222. В качестве вспомогательного реле использовано реле обратного тока от реле РР-12. В цепь вспомогательного реле включены селеновый выпрямитель ВС-45-2 15 с конденсатором 16 150 мф, 30 в и понижающий трансформатор 220/18 в 14. В цепь магнитного пускателя включена пусковая кнопка 3 типа К-12.

Периодическое включение спиралей 12 осуществляется магнитным пускателем 4 и пусковой кнопкой 3.

Рубильником 2 ручное управление переключается на автоматическое, действующее в зависимости от температуры масла или воды в рубашке.

Трансформатор 14 включается в сеть рубильником 2 одновременно с включением в схему реле 1. В период разогрева контрольная стрелка термосигнализатора, фиксирующего температуру масла, устанавливается на 140—150°С. Повышение температуры масла выше контрольной при включенной регулируемой мощности (спирали 12) говорит о том, что мощность электрического нагревателя резко завышена. В этом случае, чтобы не вывести облицовку ванны из строя, нагрев отключается, и производится подбор мощности электронагревателя, обеспечивающей нормальную работу автоматического устройства.

Перепад температуры «рубашка-электролит» зависит от мощности вентиляции, соотношения между площадью испарения и объемом электролита теплоизоляции ванны, токовой нагрузки ее и т. д. Поэтому перепад устанавливается индивидуально для каждой ванны. По данным опытной проверки, перепад температур «масло—электролит» при 80—85°С и малой токовой нагрузке составляет 22—25°С.

Устройство для автоматического регулирования температуры электролита показано на рис. 41.

Устройство для поддержания уровня и кислотности электролита в ванне. Как было уже указано, в процессе осталивания происходит непрерывное уменьшение свободной соляной кислоты и испарение воды. При установленном режиме работы ванны количество испаряющейся воды и расход кислоты в единицу времени являются постоянными. Так, при температуре электролита 80° расход воды составляет 8—10 л в час с одного квадратного

метра зеркала ванны, а расход соляной кислоты (уд. вес 1,14) — 0,8 г на один ампер-час проходящего тока.

В связи со сказанным в описываемой конструкции установки подача воды и кислоты происходит одновременно при помощи специального бесклапанного устройства, разработанного в СПИ.

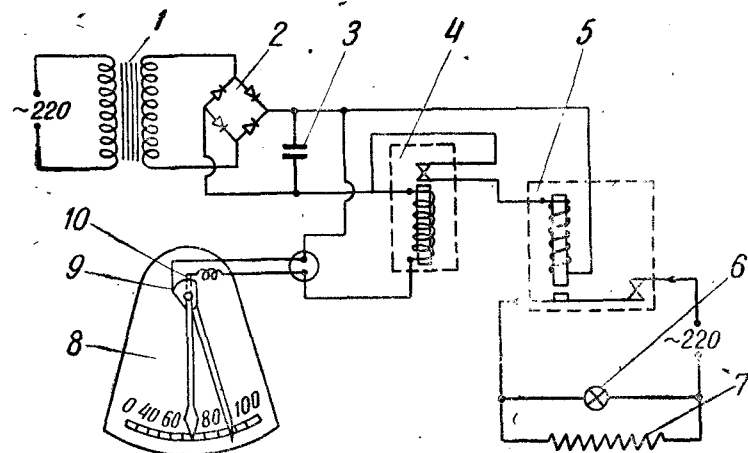


Рис. 41. Устройство для автоматического регулирования температуры с датчиком ТС-200:

1 — понижающий трансформатор; 2 — селеновый выпрямитель; 3 — электролитический конденсатор; 4 — вспомогательное реле; 5 — контактор; 6 — сигнальная лампа; 7 — спираль подогрева; 8 — манометрический сигнализатор; 9 — сектор; 10 — контактная щетка.

Устройство состоит (рис. 42) из герметически закрывающегося бака 4, установленного на кронштейне на стене, и датчика 3, помещаемого на стенке ванны.

Бак, сваренный из винипласта, заполняется до определенного уровня слабым раствором кислоты в воде. Заливка раствора в бак производится периодически через отверстие в крышке бака, герметически закрывающееся пробкой.

В крышку и днище бака вмонтированы два штуцера 1 и 2, через которые бак с помощью резиновых трубок соединяется со штуцером датчика. Штуцер 1 соединяет воздушное пространство бака с атмосферой через систему сверлений в датчике. Второй штуцер 2 подводит подкисленную воду в электролит через каналы датчика и трубку, ввернутую в нижнее отверстие бака.

Система работает следующим образом. В баке над раствором автоматически поддерживается определенное разрежение. С понижением уровня электролита в ванне открывается доступ воздуха через наклонный канал датчика к штуцеру, соединенному трубкой с воздушным пространством бака. Снижение вакуума в баке приводит к вытеканию воды через датчик до восстановления нарушенного равновесия, которое соответствует заданному уровню электролита в ванне.

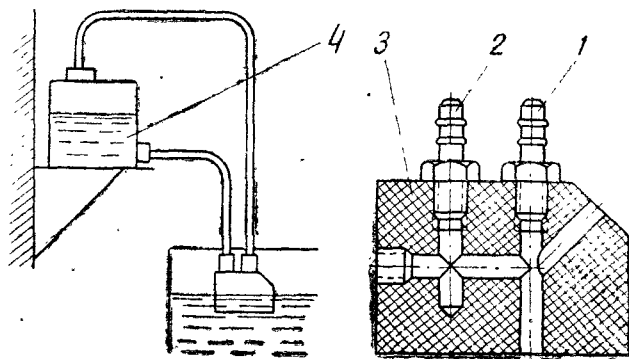


Рис. 42. Устройство для поддержания уровня и кислотности электролита:

1 и 2 — штуцера датчика; 3 — корпус; 4 — бак с подкисленной водой.

Такое устройство датчика позволяет подавать подкисленную воду в электролит небольшими порциями и обеспечить постоянство содержания железа и соляной кислоты в электролите.

Концентрация соляной кислоты в растворе задается таким образом, чтобы пополнение ванны подкисленной водой из бачка компенсировало расход кислоты при электролизе.

Крепление датчика на стенке ванны с помощью стойки кронштейна и зажимного винта позволяет менять высоту установки датчика, то есть высоту поддерживаемого уровня.

Насосно-фильтровальное устройство предназначено для периодической или непрерывной фильтрации электролита и состоит из фильтра, кислотостойкого насоса с

приводом от электромотора, отстойного бака и трубопроводов с кранами.

Фильтр (рис. 43) изготавливается на базе стандартного фарфорового фильтра 1, закрепленного лапками 2 на подставке 3. Верхняя и нижняя часть фильтра герметически закрывается дисками 4 и 5. Между фильтром 1 и дисками 4 и 5 устанавливаются диски 6 и 7 из текстолита толщиной 1 мм и резиновые прокладки.

Фильтрующий элемент состоит из центральной трубы 8, двух фигурных пластин 9 и 10, двенадцати наружных 11 и шести внутренних 12 текстолитовых стоек 8 мм, двух гаек 13 и пробки 14 для крепления дисков на трубе. Фильтрующая ткань (общей площадью 0,2 м²) располагается по периметру каркаса, образованного стойками и фигурными дисками. Электролит от насоса через штуцер 15 и отверстия в дне фильтра 1 поступает во внутреннюю полость фильтра, проходит через стеклоткань во внутреннюю полость фильтрующего элемента и через отверстия в центральной трубе 8 и штуцер 16 в отводящий канал. Все детали фильтра, соприкасающиеся с электролитом, изготавливаются из текстолита и эбонита.

Для перекачки электролита используется кислотостойкий насос любой конструкции. Однако в случае отсутствия кислотостойкого насоса перекачка электролита при периодической фильтрации может производиться и обычным центробежным насосом с чугунным корпусом и крыльчаткой. Для уменьшения коррозии деталей насос после каждой перекачки необходимо промывать водой и слабым раствором каустической соды.

Отстойный бак предназначен для периодической очистки электролита путем отстаивания и, кроме того, служит запасной емкостью при ремонте ванны. При выходе из строя фильтра или его отсутствии вместо непрерывной фильтрации электролита проводится периодическая его очистка. Загрязненный электролит из ванны отстаивания насосом перекачивается в отстойный бак и отстаивается в нем в течение 12—18 час. За этот промежуток времени все взвешенные частицы, загрязняющие электролит, оседают на дно бака. Чистый электролит спускается из бака в ванну самотеком, проходя через обычную полотняную ткань, натянутую на проволоочном каркасе.

Отстойный бак сваривается из листов винипласта и устанавливается на стене помещения в каркасе из угол-

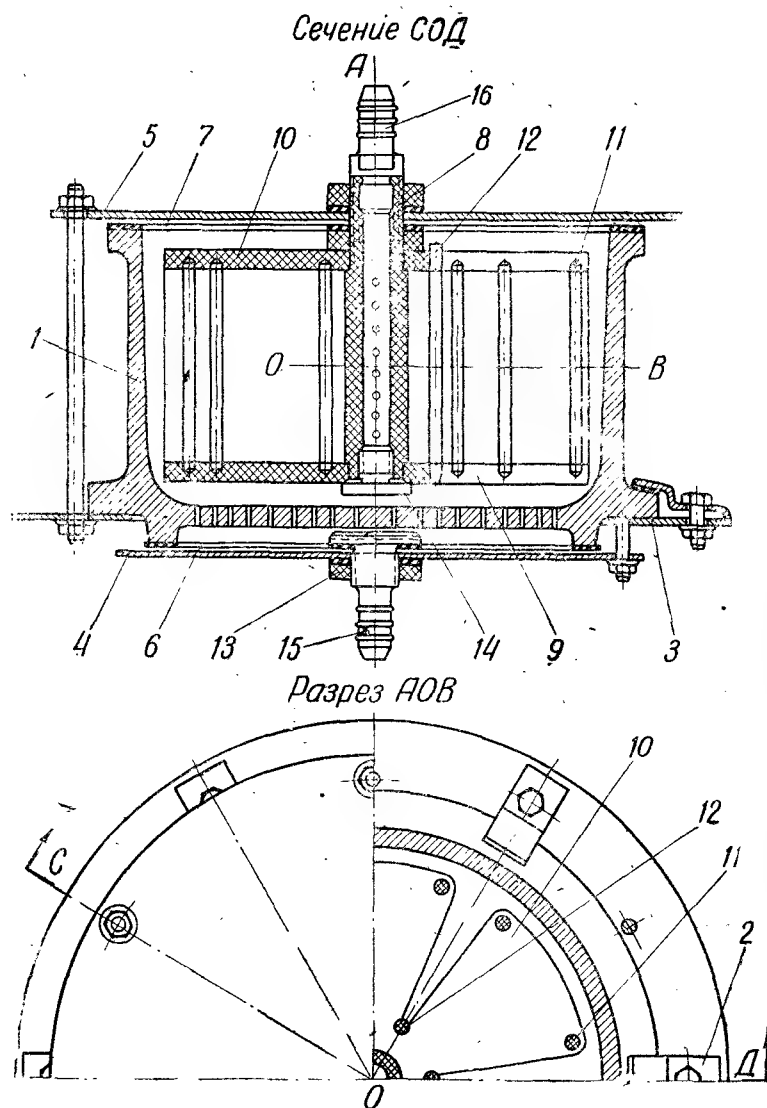


Рис. 43. Фильтр фарфоровый:

1 — корпус фильтра; 2 — лапки крепления; 3 — подставка; 4, 5 — диск нижний и верхний; 6 и 7 — диски облицовочные; 8 — труба; 9 и 10 — пластины фигурные; 11 и 12 — стойки; 13 — гайки эбонитовые; 14 — пробка; 15 и 16 — штуцер нижний и верхний.

ковой стали. В днище бака имеется два штуцера. Штуцер для слива чистого электролита выступает над уровнем дна на 30—40 мм. Этот выступ штуцера не допускает попадания в ванну грязного электролита, скапливающегося в нижней части бака. Через отверстие второго штуцера, смонтированного заподлицо с дном бака, спускается отстой грязного электролита.

ФУТЕРОВКА ВАННЫ АНТЕГМИТОВЫМИ ПЛИТКАМИ

Свойства футеровочных плиток. Антегмит, получаемый путем пропитки графита фенолформальдегидной смолой, отличается от других футеровочных материалов высокой теплопроводностью и хорошей химической и механической прочностью. Теплопроводность АТМ-1, равная 30—35 ккал/м·ч·град выше теплопроводности стали (теплопроводность стали IX18Н9Т равна 15—18 ккал/м·ч·град).

АТМ-1 имеет следующие физико-механические свойства: удельный вес 1,85 кг/дм³, теплоемкость 0,3—0,4 ккал/кг·град; предел прочности при растяжении 250 кг/см². Коэффициент линейного расширения АТМ-1 (3×10^{-6} — 4×10^{-6}) близок к коэффициенту линейного расширения стали, благодаря чему возможно глухое соединение его со сталью.

Теплостойкость АТМ-1 находится в пределах 150—170°. При этом указанный предел температурного применения относится к температуре стенки, а не к температуре среды. Поэтому температура соприкасающейся среды может быть и выше предела теплостойкости материала.

АТМ-1 имеет высокую химическую стойкость в концентрированной соляной кислоте и в растворах хлористого железа при кипении.

Антегмит АТМ-1 хорошо поддается механической обработке: распиловке, сверлению, обточке, нарезанию резьбы.

Антегмитовые футеровочные плитки АТМ ВТУ М-367-53 выпускаются двух размеров: 180×100×10 и 80×120×15 мм. Наружная поверхность их гладкая, а внутренняя, прилегающая к металлу, имеет пазы для лучшего сцепления плиток с замазкой. Антегмит выпускается также в виде полос длиной 2 м. Поперечное сечение полос

120×10 мм. Крепление плиток и полос АТМ-1 на стенках ванн производится специальными замазками — арзамит-4 (ТУ М-543—58) и арзамит-5 (ТУ 4539—59).

Свойства замазок. Кислотоустойчивая теплопроводная замазка арзамит-4 представляет собой материал, полученный путем замешивания раствора резольной фенолформальдегидной смолы в бензиловом спирте с теплопроводным наполнителем, содержащем в качестве отвердителя паратолуолсульфохлорид (Ст. 27 4555).

Замазка арзамит-4 устойчива по отношению к концентрированным кислотам — серной, соляной и уксусной, к водным растворам аммиака, серы, ко многим органическим растворителям, а также к воде при нормальных и повышенных температурах.

Замазка арзамит-4 выпускается в виде двух отдельно приготовленных компонентов — арзамит-4 раствора и арзамит-4 порошка. Арзамит-раствор получается смешением 90 весовых частей фенолформальдегидной смолы с 10 весовыми частями бензилового спирта. Арзамит-порошок получается смешением 90% графитированного порошка (ВТУ МХП А-8-53) с 10% паратолуолсульфохлорида (Ст. 27 4555).

Арзамит-раствор упаковывается в железные бочки емкостью 100—200 л, арзамит-порошок — в плотные фанерные барабаны или деревянные бочки. Арзамит-раствор должен храниться отдельно от арзамит-порошка при температуре не выше 20°. Гарантийный срок годности арзамит-раствора шесть месяцев со дня изготовления.

Кислотостойкая теплопроводная замазка арзамит-4 нестойка к растворам щелочей. При периодическом воздействии на аппаратуру кислот и щелочей применяют кислото-щелочестойкую теплопроводную замазку арзамит-5.

Замазка арзамит-5 стойка в водных растворах едкого натра (от 10 до 50% при нормальной температуре и при 100°) и при периодическом воздействии кислот и щелочей (от 10 до 20%-ной концентрации) при тех же условиях. Химическая стойкость замазки арзамит-5 к другим средам аналогична химической стойкости замазки арзамит-4.

Замазка арзамит-5 также состоит из двух отдельных компонентов — арзамит-раствора и арзамит-порошка.

Раствор арзамит-5 представляет собой раствор фенол-

формальдегидной смолы, сконденсированной в присутствии едкого натра, в смеси двух растворителей: бензилового спирта и дихлоргидрин-глицерина.

Состав раствора: фенолформальдегидной смолы — 75 вес. ч., дихлоргидрин-глицерина — 20 вес. ч. и бензилового спирта 5 вес. ч.

В случае применения раствора арзамит-5 не позднее 2,5—3 месяцев от начала изготовления раствор может применяться без бензилового спирта. При этом состав раствора будет: фенолформальдегидная смола — 80 вес. ч. и дихлоргидрин-глицерин — 20 вес. ч.

По внешнему виду раствор арзамит-5 — бурая вязкая жидкость.

Состав порошка арзамит-5: паратолуолсульфохлорид — 10 вес. ч. и графитированная пыль (ВТУ ММП А-8-53) — 90 вес. ч.

Порошок арзамит-5 упаковывают в плотные фанерные барабаны емкостью 25—50 кг или деревянные бочки емкостью 100—200 кг. Раствор арзамит-5 упаковывают в железные бочки емкостью 100—200 л.

Время хранения раствора арзамит-5 с бензиловым спиртом не более 5—6 месяцев.

Ниже приводятся физико-механические свойства замазки арзамит-4 и замазки арзамит-5 (табл. 12).

Таблица 12

Показатели	Арзамит-4	Арзамит-5
Временное сопротивление разрыву, кг/см ²	48—50	45—65
Временное сопротивление сжатию, кг/см ²	600—700	450—480
Усадка, %	0,37	0,3—1,42
Сцепляемость с пропитанным графитом, кг/см ²	35—50	44—51
Сцепляемость с железом, защищенным подслоем, кг/см ²	40—50	38—41
Коэффициент теплопроводности, кал/м · час · град.	15—18	15—18

Для получения теплопроводных замазок на 100 вес. ч. порошка расходуется от 50 до 100 вес. ч. раствора в зависимости от его вязкости. Смешение производится следующим образом: к отвшенному количеству порошка при постоянном размешивании приливают небольшими порциями раствор, освобожденный предварительно от воды.

Вода выделяется из раствора арзамит при его хранении.

Замазка должна готовиться перед употреблением в количестве, обеспечивающем работу не более чем на 1,5 час., так как в противном случае замазка может затвердеть и сделаться непригодной для употребления.

После тщательного перемешивания замазка затвердевает, что происходит из-за перехода фенолформальдегидной смолы из стадии А в стадию С. По мере усложнения молекулярной структуры смолы возрастают твердость и другие физико-механические свойства замазки и повышается ее химическая стойкость. Без применения катализатора этот процесс протекает при 130—140°. С применением катализатора—паратолуолсульфохлорида—поликонденсация происходит при более низких температурах. Разбавлять уже схватившуюся замазку не рекомендуется, так как полученная замазка обладает пониженными показателями по физико-механическим свойствам и химической стойкости. Замазка, содержащая катализатор, схватывается при комнатной температуре через 6 час. и затвердевает через 24 час. После 8-суточной выдержки при 20° замазка подвергается 6-часовой термообработке при 80—100°.

Механические свойства затвердевших замазок при длительном воздействии на них кислот улучшаются на 25—30%.

Замазку готовят непосредственно перед употреблением тщательным перемешиванием арзамит-порошка и арзамит-раствора. Для получения замазки в тестообразном состоянии на 100 г арзамит-порошка берется 65—75 г арзамит-раствора. Следует помнить, что раствор нужно вливать в порошок, а не добавлять порошок в раствор.

Непосредственно футеровать металлические ванны, используя для крепления плиток замазку арзамит-4 или 5, нельзя, так как входящий в состав замазки паратолуолсульфохлорид вызывает коррозию стали. Поэтому при футеровке металла необходимо обязательно применять подслей, не вызывающий коррозии и обеспечивающий прочное сцепление замазки со стенками ванны.

Порядок операций, выполняемых при футеровке ванн антегмитовыми плитками, следующий:

- 1) подготовка поверхности ванны;
- 2) приготовление смолы для нанесения подслоя;

3) нанесение первого защитного антикоррозийного слоя;

4) нанесение второго защитного слоя;

5) шпатлевка поверхности ванны замаской арзамит-4 или 5;

6) футеровка ванны первым слоем плиток;

7) шпатлевка поверхности первого слоя плиток замаской арзамит-4 или 5;

8) футеровка ванны вторым слоем плиток;

9) термическая обработка и контроль футеровки.

Основные операции выполняются следующим образом.

Подготовка поверхности ванны. Внутреннюю поверхность стенок и днище ванны очищают от продуктов коррозии и других загрязнений пескоструйной обработкой. После очистки поверхности оставшуюся пыль удаляют волосяной щеткой, а затем сдувают сжатым воздухом и протирают поверхность чистой сухой марлей. Если невозможно обработать ванну песком, ее наполняют до краев 3—5%-ным раствором серной или соляной кислоты и после растворения окалины и ржавчины сушат, а затем очищают стенки стальной щеткой.

Приготовление смолы и нанесение защитного слоя. Для увеличения прочности сцепления замазки с поверхностью стенок ванны последние покрывают предварительно двумя слоями смеси резорцино-фенолформальдегидной смолы с порошкообразным графитом. Покрытие наносят при температуре не ниже 20°. Первый слой выдерживают после нанесения в течение суток, а второй — не менее четырех суток. Состав исходных материалов для приготовления смолы (в весовых частях):

резорцин медицинский	25
фенол	31
25%-ный раствор аммиака	2
40%-ный раствор формалина	42

Смесь фенола и резорцина расплавляют в фарфоровом сосуде при 80—85°, а затем охлаждают. При достижении температуры 40—50° в смесь добавляют раствор аммиака, а при 18—20° вводят раствор формалина. Раствор формалина вливают в смесь каплями, непрерывно помешивая и одновременно охлаждая сосуд со смесью проточной водой. Отсутствие охлаждения и более быстрое введение в смесь раствора формалина может привести к быстрому местному повышению температуры и затверде-

ванию смолы, что делает ее непригодной к употреблению. Приготовленную таким образом смолу выдерживают 20—30 мин. при комнатной температуре, после чего смешивают с графитовым порошком. Готовая к употреблению смола по вязкости должна быть близкой к масляной олифе. Приготовление смолы следует производить в противогазе.

Расход материала на 1 м² поверхности при нанесении защитного слоя составляет: резорцина — 25 г; фенола — 30 г; 25%-ного раствора аммиака — 2 мл; 40%-ного раствора формалина — 50 мл; графита — 25% от веса смолы.

Футеровка ванны. Ванну футеруют плитками антегмита в два слоя с перекрытием швов. Для повышения прочности сцепления плиток с замазкой плитки необходимо предварительно протереть марлей, пропитанной чистым бензином.

До начала укладки плиток ванну шпатлюют замазкой. После нанесения шпатлевки на дно ванны вдоль стенок кладут один ряд плиток. Затем плитки укладывают на стенки, после чего заканчивают укладку плиток на дне ванны. Ванну сушат при комнатной температуре в течение 6 суток, шпатлюют замазкой футерованную поверхность до укладки второго слоя плиток и вновь высушивают ее.

Второй слой плиток укладывают так же, как и первый, но сушку при комнатной температуре ведут в течение 8 суток, а затем при 80—110° — 6 час.

При футеровке вертикальных боковых стенок для предупреждения сползания плиток по еще не застывшей замазке рекомендуется распирают противоположные стенки деревянными щитами. В этом случае боковые стенки футеруются в два приема: по две стенки за каждый прием. Футеровка боковых стенок может быть также выполнена при горизонтальном их положении по одной стенке за каждый прием. После футеровки первой стенки дают замазке затвердеть, а затем устанавливают ванну в новом положении для футеровки следующей стенки.

Толщина слоя кислотоупорной замазки между поверхностью ванны и плиткой должна быть в пределах 3—5 мм. При этом необходимо, чтобы верхние швы были сдвинуты по отношению к нижним на одну треть плитки. Швы между соседними плитками должны быть заполнены замазкой и иметь толщину не более 2—3 мм. Расход замаз-

ки на футеровку ванны двумя слоями плиток составляет 10—12 кг/м².

После монтажа ванны ее рубашку заполняют маслом или паром и несколько часов прогревают при 110—120°.

При изготовлении замазки и футеровке ванны необходимо выполнять правила техники безопасности:

1. Лицо и руки работающего перед началом работы необходимо смазать вазелином.

2. Глаза и дыхательные пути во время работы должны быть защищены респиратором.

3. Руки во время работы должны быть защищены от загрязнения арзамит-замазкой хлорвиниловыми или резиновыми перчатками.

Ванны осталивания с антегмитовой футеровкой в настоящее время работают в лаборатории СПИ, на Саратовском, Ивановском, Воронежском и других авторемонтных заводах, на Энгельсском заводе искусственного и синтетического волокна, на Златоустовском металлургическом заводе и на других предприятиях.

Длительное (6,5—7 лет) наблюдение за работой ванн осталивания с антегмитовой футеровкой позволяет сделать следующие выводы:

1. Металлические ванны, предназначенные для футеровки антегмитовыми плитками, должны иметь жесткую конструкцию, исключающую деформацию и растрескивание футеровки.

2. С наружной стороны металлические стенки ванны должны быть защищены от коррозии.

3. Антегмитовая двухслойная футеровка надежно работает в ванне с внешним нагревом через масляную рубашку. Масло в рубашке может быть заменено водой. Рабочая температура электролита при этом может поддерживаться в пределах до 75—78°. При односменной работе за 2 нерабочие смены электролит в ванне, закрытой крышкой, остывает до 40—50°, что уменьшает расход тепла на начальный нагрев электролита.

4. Антегмитовую футеровку нельзя применять для ванн с наружным нагревом без масляной или паровой рубашки. При эксплуатации таких ванн вследствие непосредственного воздействия тепла нагревателя стенки ванны коробятся, что влечет за собой растрескивание футеровки. При этом электролит проникает в трещины, соприкасается с нагретой стенкой и испаряется. Образующий-

ся пар отрывает футеровку от днища или стенок ванны.

5. Ванна с антегмитовой футеровкой должна иметь надежную электроизоляцию, так как такая футеровка имеет высокую электропроводность, что приводит к утечке тока через стенки ванны.

6. Антегмитовая облицовка имеет высокую химическую стойкость по отношению к кислому раствору хлористого железа при температуре до 80°C и выше. Во время работы ванны электролит не загрязняется какими-либо продуктами взаимодействия его с материалом облицовки. После нескольких лет работы на поверхности плиток, соприкасавшихся с электролитом, не наблюдается каких-либо разрушений; поверхность остается гладкой и сохраняет первоначальный блеск.

Планировка и общий вид участка осталивания САРЗа показаны на рис. 44.

УСТАНОВКИ ОСТАЛИВАНИЯ, ПОСТРОЕННЫЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЗАВОДАХ

Хорошие результаты при длительном испытании в производственных условиях показали ванны осталивания, изготовленные из фаолита.

Фаолит принадлежит к группе пластмасс или пластиков и получается из фенолформальдегидной смолы с добавкой различных наполнителей. Фаолит марки А содержит в качестве кислотоупорного наполнителя антофиллит—асбест. Фаолит марки А имеет малую теплопроводность и применяется для изготовления ванн, вентиляционных труб и других деталей кислотоупорной аппаратуры. Фаолит марки Т, где наполнителем является графит, имеет высокую теплопроводность и применяется для изготовления ванн с наружным подогревом и деталей теплообменной аппаратуры.

Фаолит обладает очень высокой химической стойкостью. Он стоек против действия большинства неорганических кислот (кроме азотной, хромовой и крепкой серной) при нагреве и против действия слабых щелочей на холоде. В 30%-ных растворах соляной кислоты фаолит не растворяется при 90° . В концентрированных растворах солей соляной кислоты, например в растворах хлористого железа, устойчивость фаолита повышается (до 100°).

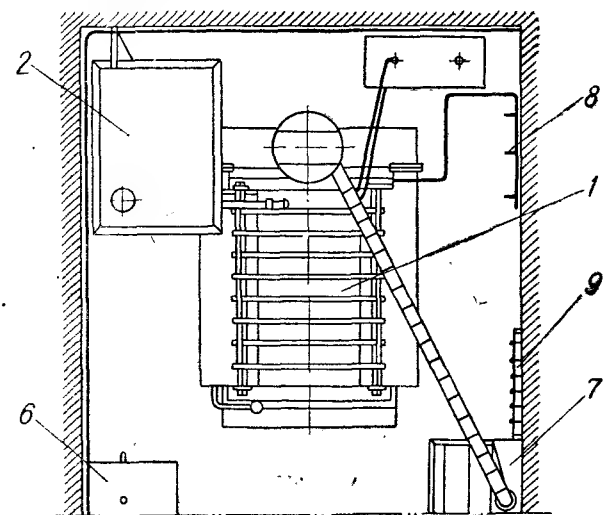
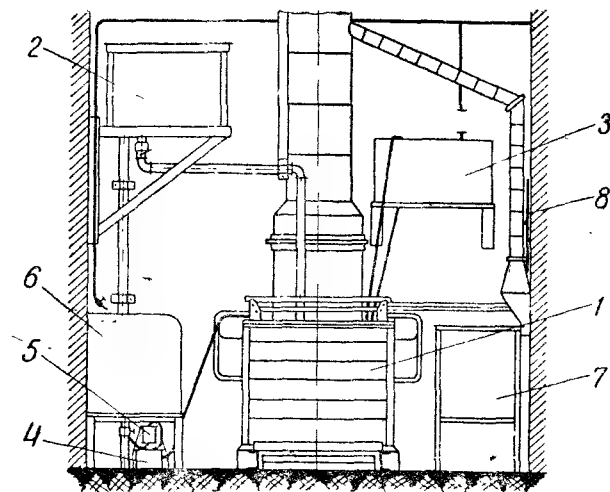


Рис. 44. Планировка и общий вид участка осталивания на САРЗе:

1 — ванна осталивания; 2 — отстойный бак; 3 — бачок для поддержания уровня электролита; 4 — насос кислотостойкий; 5 — фильтр; 6 — ванна промывки деталей; 7 — ванна травления; 8 — щит переменного тока; 9 — щит ванны травления.

Фаолит разрушается окислителями и сильными щелочами.

Фаолитовые ванны изготовляет Владимирский химический завод из листов на фаолитовой замазке. По требованию заказчика ванны могут быть поставлены с каркасом из угловой стали или без него (табл. 13).

Таблица 13

Объем, л	Толщина стенок, мм	Размеры угловой стали для каркаса, мм	Диаметр болтов каркаса, дюйм.	Вес ванны на 1 л объема (ориентировочно), кг
До 60	8	25×25×4	3/8	0,42—0,52
60—350	10	30×30×4	1/2	0,31—0,35
350—700	12	40×40×4	1/2	0,23—0,33
700—1400	16	45×45×5	1/2	0,20—0,22

На одном из заводов смонтирована установка для осталивания, состоящая из фаолитовой ванны (фаолит А) 5 (рис. 45), насоса с электродвигателем, фильтра, отстойного и дозирующего баков. Фаолитовая ванна установлена в каркасе 1. На верхней рамке кожуха 2 ванны установлен двусторонний бортовой вентиляционный кожух 10. На текстолитовых изоляторах 7 установлена система штанг 11 для завешивания в электролит деталей и анодов. Нагрев электролита — комбинированный (паром и электричеством). Паровой нагрев — от стального змеевика 3, покрытого снаружи кислотоупорной эмалью. Змеевик установлен на дне ванны на деревянных подставках 4.

Это устройство при давлении пара 0,7 кг/см² обеспечивает нагрев электролита до 85°. Для нагрева выше 85° имеется дополнительный электроподогреватель, работающий на переменном токе от понижающего трансформатора. Устройство для электроподогрева состоит из латунных штанг 13, закрепленных на угольнике кожуха в текстолитовых стойках, и стальных нагревательных стержней 12, которые могут перемещаться вдоль штанг. Схема нагрева показана на рис. 46.

Фильтрующее устройство состоит из насоса, фильтра и отстойного бака. Электролит подается в фильтр насосом. Из фильтра чистый электролит подается в бак-отстойник, откуда самотеком поступает в ванну.

Насос, изготовленный из фаолита (рис. 47), имеет производительность до 1 м³ в час и высоту подъема до

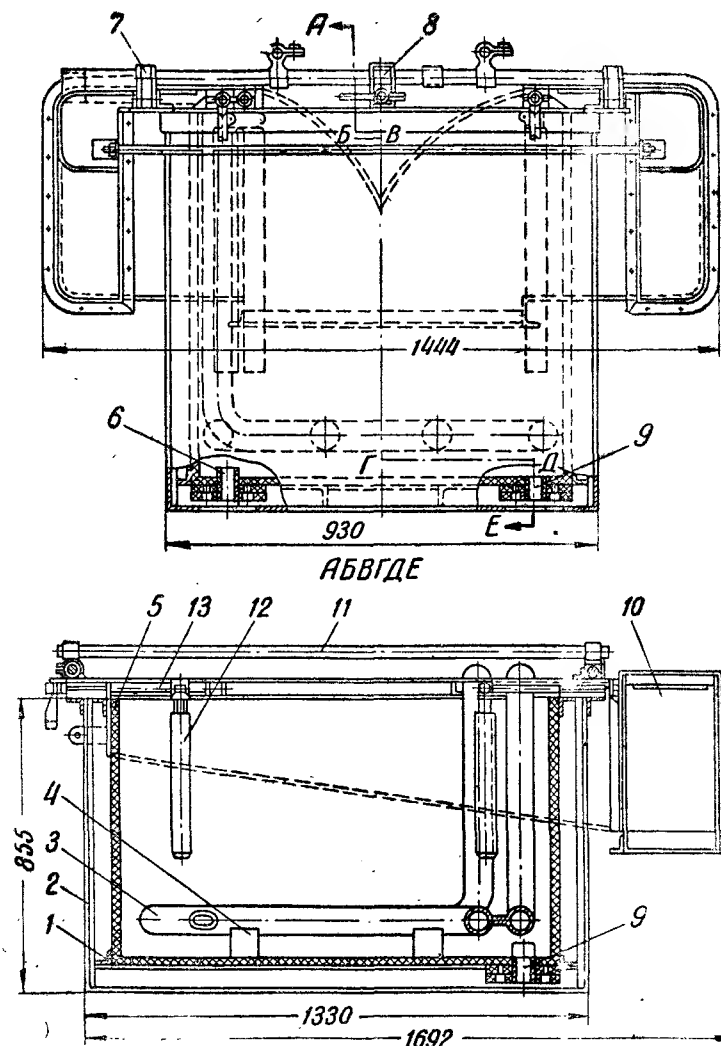


Рис. 45. Ванна из фаолита для осталивания:

1 — каркас; 2 — кожух; 3 — змеевик; 4 — подставка; 5 — фаолитовая ванна; 6 — спускное отверстие; 7 — текстолитовый изолятор; 8 — передвижной изолятор; 9 — отверстие для подвода электролита к насосу; 10 — вентиляционный кожух; 11 — штанги для завешивания деталей и анодов; 12 — стержни-электроды нагрева; 13 — штанги для электродов нагрева.

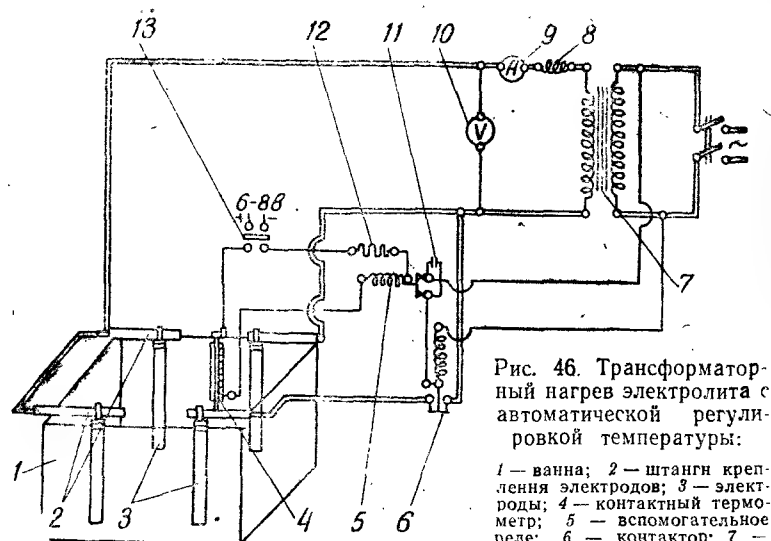


Рис. 46. Трансформаторный нагрев электролита с автоматической регулировкой температуры:

1 — ванна; 2 — штанги крепления электродов; 3 — электроды; 4 — контактный термометр; 5 — вспомогательное реле; 6 — нагреватель; 7 — контактор; 8 — вольтметр; 9 — амперметр; 10 — понижающий трансформатор; 11 — регулятор тока (регулятор трансформатора); 12 — конденсатор; 13 — рубильник датчика.

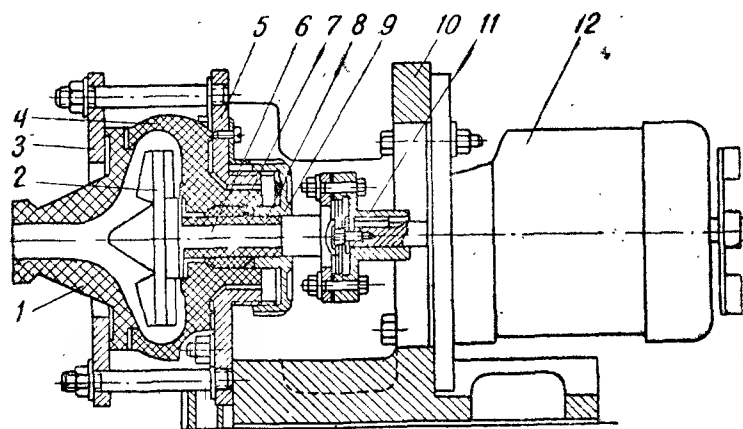


Рис. 47. Насос из фаолита для перекачивания электролита:

1 — крышка; 2 — крыльчатка; 3 и 5 — стальные фланцы; 4 — улитка; 6 — вал; 7 — сальниковая набивка; 8 — втулка; 9 — гайка; 10 — чугунный корпус; 11 — соединительная муфта; 12 — фланцевый электродвигатель.

5 м. Улитка 4 и крышка 1 насоса стягиваются шпильками между двумя стальными фланцами 3 и 5. Фланец 5 болтами крепится к чугунному корпусу 10. Вал 6 насоса защищен от воздействия электролита фаолитовой втулкой 8.

Между втулкой 8 и улиткой 4 поставлена уплотнительная сальниковая набивка 7, поджимаемая гайкой 9. Привод насоса осуществляется от фланцевого электродвигателя 12 через соединительную муфту 11.

Фильтр (рис. 48) состоит из стального корпуса 3, футерованного виниловой пленкой. Такую же изоляцию имеют все остальные детали, соприкасающиеся с электролитом. В корпус вставлен фильтрующий элемент, состоящий из верхнего 9 и нижнего 13 дисков, внутреннего 11 и наружного 2 цилиндров с отверстиями, на которых надеты фильтрующие оболочки из стеклоткани (в два слоя). Между цилиндрами 11 и 2 помещена фильтрующая набивка 1 из стеклянной ваты. Эту набивку можно промывать без разборки фильтрующего элемента.

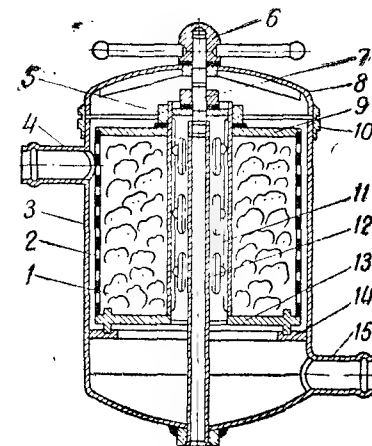


Рис. 48. Фильтр:

1 — фильтрующая набивка; 2 — наружный цилиндр; 3 — корпус; 4 — входной патрубок; 5 — гайка; 6 — фасонная гайка; 7 — шпилька; 8 — крышка; 9 — верхний диск; 10 — резиновая прокладка; 11 — внутренний цилиндр; 12 — труба; 13 — нижний диск; 14 — подставка; 15 — выходной патрубок.

Для поддержания требуемой кислотности электролита имеется бачок, из которого через резиновый шланг со стеклянным краником непрерывно поступает в электролит раствор кислоты.

На Карагандинском машиностроительном заводе ванна осталивания изготовлена из листовой 10-мм стали, сваренной двойным сплошным швом. Внутренние стенки ее футерованы керамическими плитками на кислотоупорном цементе. Дно покрыто тонким слоем того же цемента и обновляется два раза в месяц. Состав кислотоупорного цемента: маршалит (наполнитель) — 950 г, кремнефтористый натрий (ускоритель схватывания) — 50 г, жидкое

стекло — 30% от суммарного веса наполнителя и ускорителя.

Нагрев электролита — от электрической плиты, расположенной под днищем ванны. Плита установлена в выдвижном ящике, спирали из нихромовой проволоки уложены в пазы керамических плиток, изготовленных из порошка шамотного кирпича (60%) и порошка сухого каолина (40%). Все спирали собраны в три группы. Выводы их соединены с трехполюсным переключателем так, чтобы каждую из групп спиралей можно было включать на звезду и треугольник.

Начальный нагрев электролита до рабочей температуры производится при включении подогревателя на полную мощность (треугольник). Во время электролиза секции включаются на звезду, и температура электролита автоматически регулируется контактным термометром, промежуточным реле и магнитным пускателем.

Фильтрация электролита производится отстаиванием. Отстойный бак помещен в каркас из углового железа, в котором его можно поднимать и опускать ручной лебедкой. В ванну осталивания или из ванны в бак электролит переливают резиновым шлангом в зависимости от положения отстойного бака относительно ванны.

Источником тока является селеновый выпрямитель ВСГ-3М (200 а, 3,6 в).

Отстойный бак и ванна анодной обработки стальные. Для облицовки их на заводе успешно применяются резиновые футляры, изготовленные по форме ванны. Футляр вставляется в ванну, верхние удлиненные края запрокидываются за ее борта, что обеспечивает необходимое прилегание резины к внутренним стенкам ванны и необходимое крепление.

Планировка и перечень оборудования участка осталивания, организованного на саратовском заводе «Серп и молот» для восстановления деталей станков и другого заводского оборудования, показаны на рис. 49. Оборудование на участке расположено по технологическому процессу. Перемещение деталей на участке, а также загрузка и выгрузка их из ванн производится с помощью тельфера грузоподъемностью 250 кг, перемещающегося по замкнутому монорельсу.

Ванна осталивания емкостью 600 л по своей конструкции совпадает с ванной, изображенной на рис. 39, за ис-

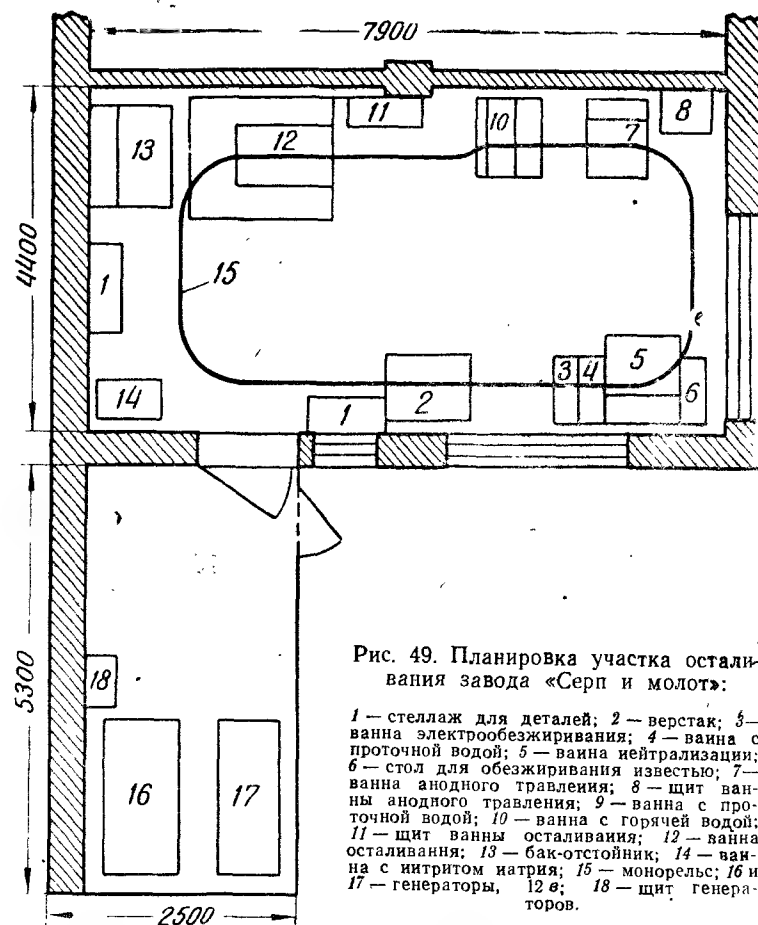


Рис. 49. Планировка участка осталивания завода «Серп и молот»:

1 — стеллаж для деталей; 2 — верстак; 3 — ванна электрообезжиривания; 4 — ванна с проточной водой; 5 — ванна нейтрализации; 6 — стол для обезжиривания известью; 7 — ванна анодного травления; 8 — щит ванны анодного травления; 9 — ванна с проточной водой; 10 — ванна с горячей водой; 11 — щит ванны осталивания; 12 — ванна осталивания; 13 — бак-отстойник; 14 — ванна с нитритом натрия; 15 — монорельс; 16 и 17 — генераторы; 18 — щит генераторов.

ключением того, что здесь подогрев электролита производится паром (давление пара 4 атм) через змеевик в водяной рубашке.

Ванна анодной обработки емкостью 250 л изготовлена из винипласта. Катодами в ванне являются свинцовые пластины толщиной 6 мм.

На жигулевском заводе Куйбышевгидростроя участок осталивания был организован в начале 1957 года в основном для восстановления поршней двигателей ЯАЗ. Рабо-

та по осталиванию проводилась в чугунной эмалированной ванне бытового типа емкостью 300 л. Два отверстия в ванне заделывались замазкой (1 ч. песка + 1 ч. асбеста + жидкое стекло до консистенции замазки). Подогрев электролита производился с помощью электрической плиты, установленной под ванной. Эмаль при работе ванны растрескивается, и вдоль образовавшихся трещин вследствие утечки электрического тока образуются дендриты — ванна работает катодом. Образовавшиеся трещины периодически замазываются замазкой того же состава. Фильтрация электролита при трехсменной работе ванны производится еженедельно путем отстаивания в отстойном баке, установленном над ванной.

Электролит применялся среднеконцентрированный: хлористое железо 500 г/л и соляной кислоты 3 г/л. Аноды, изготовленные из малоуглеродистой стали, помещены в чехлы из стеклоткани.

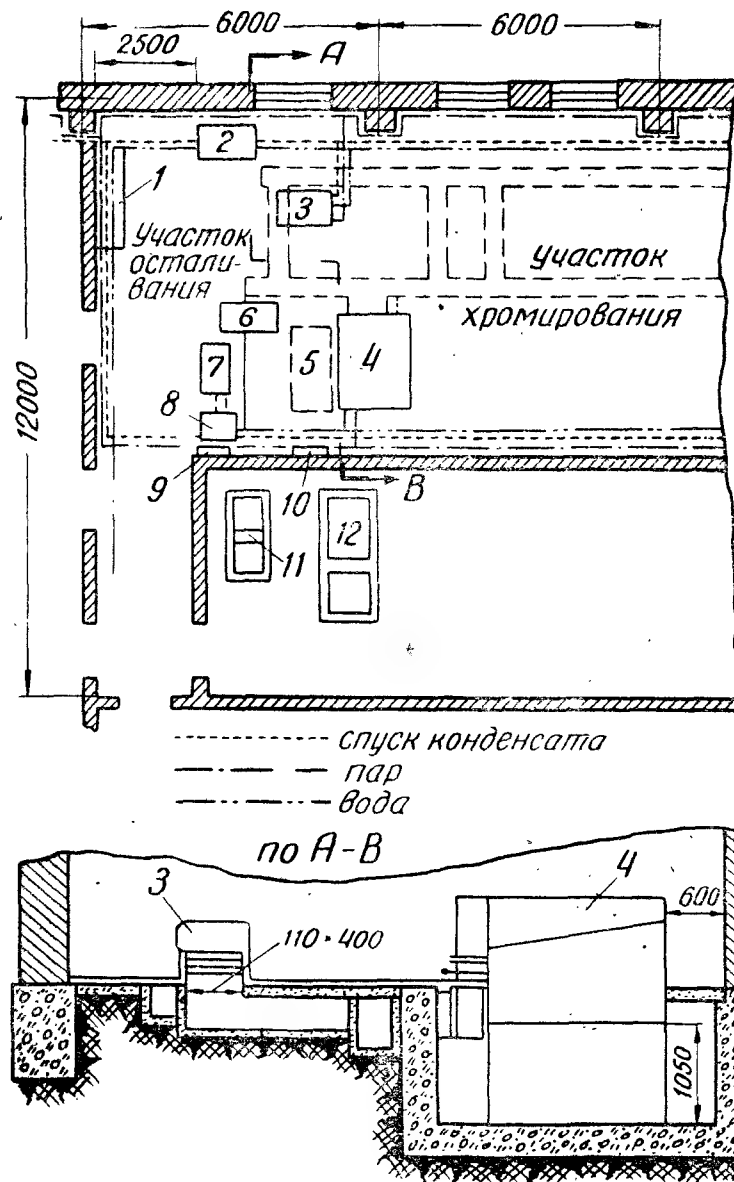
На заводе было восстановлено осталиванием свыше 7 тыс. поршней двигателей ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206. Осталивание поршней производилось по диаметру юбки под увеличенный размер (толщина покрытия 0,75 мм), что позволило заводу использовать и изношенные гильзы после шлифования. Осталивание производилось при температуре 95° и плотности тока 35—40 а/дм².

Режим подготовки и осталивания был принят следующий. Анодное травление в 30%-ной серной кислоте при плотности тока 35 а/дм², время травления 40—50 сек.; после анодного травления прогрев в ванне осталивания в течение 1,5—2 мин. После осталивания поршни обрабатываются на токарном станке и шлифуются на бесцентровошлифовальном станке.

На рис. 50 показана планировка участка осталивания, организованного в 1962 году в гальваническом цехе Энгельского завода искусственного и синтетического волокна. Участок предназначен для наращивания железо-никелевым сплавом деталей оборудования капронового производства завода.

Рис. 50. Планировка участка осталивания Энгельского завода искусственного и синтетического волокна:

1 — стеллаж для деталей; 2 — монтажный стол; 3 — ванна электрообезжиривания; 4 — ванна осталивания; 5 — отстойный бак; 6 — стол для обезжиривания венской известию; 7 — ванна с горячей водой; 8 — ванна анодного травления; 9 и 10 — электроды к ваннам с реостатами, 11 и 12 — генераторы.



На участке расположена одна ванна осталивания, ванна травления и комплект необходимого вспомогательного оборудования. В дальнейшем по мере освоения наметенной номенклатуры деталей предполагается расширить мощность участка путем постановки еще одной большой ванны для наращивания длинных валов (до 1,5 м).

Ванна осталивания выполнена из листовой стали толщиной 6 мм, усилена снаружи угловым железом 45×45 мм и футерована изнутри антегмитовой плиткой в два слоя на замазке арзамит-5. Ванна подогревается через водяную рубашку, в которой расположена присоединенная к паропроводу труба с отверстиями.

Ванна осталивания 4 расположена на фундаменте, который установлен в подвальном помещении, предназначенном для фундаментов ванн. Подвальное помещение перекрыто полом так, чтобы верх ванны располагался над полом не более чем на 1200—1300 мм.

В подвальном помещении рядом с ванной находится отстойный бак 5, на крышке которого смонтированы насос и фильтр.

Ванна анодного травления 8 изготовлена из 10-мм винипласта и помещена в стальной кожух. Пространство между ванной и кожухом заполнено песком для предохранения винипластовой ванны от прогибания и разрыва под давлением электролита. На две крайние штанги ванны (катодные) подвешиваются свинцовые пластины — аноды. На одной из средних штанг размещены свинцовые эталоны с общей поверхностью 1 дм², другая штанга разрезана вдоль и состоит из двух половинок, изолированных электрически друг от друга (см. схему на рис. 51).

Введение в схему дополнительной анодной штанги и эталонов позволяет при подвешивании на двойную штангу контактного крючка подвески с деталями замкнуть ее обе половинки и через свинцовые эталоны путем подбора сопротивления в магазине сопротивлений получить на амперметре силу тока, отвечающую заданной плотности тока. При этом на деталях устанавливается такая же плотность тока, как на эталонах. Такая схема позволяет обеспечить во время работы ванны заданный режим травления деталей, не прибегая к определению площади их поверхности.

Участок осталивания, организованный в 1963 году на Златоустовском металлургическом заводе, предназначен для наращивания железо-никелевым сплавом изношенных деталей паровозов, вагонов и различного оборудования транспортного цеха завода. На участке установлено типовое оборудование. Опытные детали, поставленные после осталивания на работающее оборудование, показали хорошую работоспособность. В настоящее время на заводе проводится совместно с СПИ подготовительная работа по организации участка осталивания в ОГМ для восстановления деталей основного оборудования завода.

В тепловозном депо ст. Лиски по инициативе мастера-

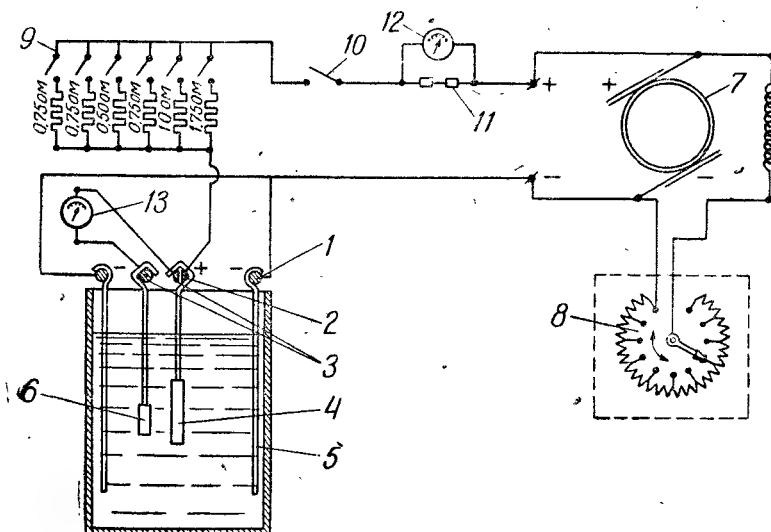


Рис. 51. Электрическая схема питания ванны анодной обработки от генератора постоянного тока:

1 — катодные штанги; 2 — штанга деталей; 3 — штанга эталонов; 4 — деталь; 5 — катод (свинец); 6 — эталон (свинец 1 дм²); 7 — генератор НД 750/1500, 12 в; 8 — реостат ползунковый; 9 — магазин сопротивлений; 10 — рубильник; 11 — шунт; 12 — амперметр 500 а; 13 — амперметр 100 а.

гальваника Г. Сазанова организован первый в СССР участок осталивания для восстановления изношенных деталей тепловозов. На участке установлена ванна осталивания емкостью 600—700 л, футерованная антегмитовыми плитками. Подогрев электролита осуществляется паром, подаваемым в зарубашечное пространство.

Ванна анодного травления деревянная. Внутренняя поверхность ее стенок покрыта аккумуляторной мастикой.

На участке освоена типовая технология твердого осталивания, разработанная в СПИ. Изоляция участков, не требующих осталивания, производится универсальным клеем БФ. После анодной обработки деталь прогревается в ванне с горячей водой.

По сообщению газеты «Волжская Коммуна» от 18 мая 1963 года (статья «Вторая жизнь деталей»), за 1,5 года эксплуатации участка депо получило экономию в сумме 30 тыс. руб. Отремонтированные детали тепловозов проверены в условиях эксплуатации и показали высокую работоспособность.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО ОСТАЛИВАНИЯ НА ЗАВОДАХ

Технико-экономическая эффективность применения твердого осталивания для восстановления автомобильных деталей на САРЗе определена по отчетным данным за 1959 год.

Приведенная ниже стоимость (в новых деньгах) восстановления деталей на заводе включает затраты, связанные с наращиванием деталей и с механической обработкой до осталивания и после него.

Себестоимость наращивания деталей. Участок состоит из двух помещений: помещения с ваннами площадью 24 м² и вспомогательного помещения площадью 12 м². Кубатура помещения 180 м³.

Капитальные затраты при организации участка осталивания состояли из стоимости (в руб.):

Помещения	1260
Оборудования (по исполнительной смете)	3192
Приспособлений и инструмента (10% от стоимости оборудования)	319
Производственного инвентаря	150
Хозяйственного инвентаря	50
Итого	4971

Количество деталей, восстановленных в 1959 году на участке осталивания при двухсменной работе, составило за год 75 127 шт., или 29 000 дм² (табл. 14).

Таблица 14

Перечень деталей, восстановленных осталиванием САРЗом в 1959 г.

№ по каталогу	Детали	Всего за год	
		шт.	дм ²
11-650	Толкатели	38 042	9 511
70-6504-Б и 05-Б	Клапаны	28 791	7 148
51-3001018-19	Шкворни	5 362	9 384
51-1602050-Б	Валики педалей сцепления и тормоза	776	1 164
	Ось блока шестерен заднего блока	1 596	1 277
АА-7140-Л	Рычаг нажимного диска	120	416
51-2902478	Палец рессоры	330	
Итого		75 127	29 000

Годовые расходы по участку осталивания по элементам составляют:

Прямые расходы (в руб.)

Основная производственная заработная плата	2064
Материалы основные	390
Итого	2454

Накладные цеховые расходы (в руб.)

Вспомогательные материалы	138
Электросиловая энергия	653
Вода	113
Содержание помещения	110
Содержание оборудования	128
Текущий ремонт	357
Амортизация	381
Дополнительная заработная плата	206
Начисления на заработную плату	124
Итого	2211
Общезаводские накладные расходы	682

Всего расходов по цеху 5347

Себестоимость С₁ осталивания 1 дм² поверхности детали:

$$C_1 = \frac{5347}{29000} = 0,184 \text{ руб.}$$

Себестоимость механической обработки. Стоимость рабочей силы на механическую обработку деталей до осталивания и после него определена по расценкам САРЗа. Основные материалы при обработке деталей не расходуются. Накладные расходы по механическому цеху (с учетом общезаводских) составляют 170% от основной производственной зарплаты.

Суммарные расходы по механической обработке (в руб.)
 Основная производственная заработная плата . . . 662
 Дополнительная заработная плата 66
 Накладные расходы 1165

Итого 1893

Отсюда себестоимость C_2 механической обработки 1 дм^2 поверхности детали:

$$C_2 = \frac{1893}{29000} = 0,066 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость C восстановления деталей осталиванием, отнесенная к 1 дм^2 :

$$C = C_1 + C_2 = 0,184 + 0,066 = 0,25 \text{ руб.}$$

Полная сумма затрат C_p на восстановление осталиванием деталей за год:

$$C_p = 5347 + 1893 = 7240 \text{ руб.}$$

Прейскурантная стоимость C_n деталей, восстановленных за год на участке осталивания, определяется в сумме:

$$C_n = 27\,778 \text{ руб.}$$

Отсюда экономическая эффективность $\mathcal{E}$ твердого осталивания по САРЗу за 1959 год:

$$\mathcal{E} = C_n - C_p = 27\,778 - 7240 = 20\,538 \text{ руб.}$$

Окупаемость капитальных вложений:

$$4971 : 20\,538 = 0,24 \text{ года, или 3 месяца.}$$

По расчетам Ленинградского института водного транспорта стоимость восстановления твердым осталиванием деталей судовых двигателей на одну установку составляет (в руб.):

Основная производственная зарплата 8143
 в том числе: гальваников 2100
 шлифовщиков 6043
 Доплаты (18%) 1465
 Дополнительная зарплата (8%) 778
 Начисления на зарплату (6,5%) 675
 Цеховые и общезаводские накладные расходы
 (170% от 8143 руб.) 13\,843
 Составление технической документации
 (4,5% от 24\,904) 1021
 Стоимость материалов с начислениями 1728

Итого 27\,643

Ожидаемая экономическая эффективность применения твердого осталивания на семи судоремонтных заводах, выделенных МРФ РСФСР для освоения этого процесса, должна составить 387\,205 руб., или 55\,300 руб. на каждую установку.

Капитальные затраты на организацию участка осталивания (на одну установку) на каждом заводе определены следующим образом (в руб.):

Стоимость помещения (30 м^2) 1\,200
 » оборудования 13\,000
 » монтажных работ 1\,000

Итого 15\,200

Отсюда окупаемость капитальных вложений будет равна:

$$\frac{15\,200}{55\,300} = 0,3 \text{ года.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнер Я. В. и Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий, Машгиз, 1962.
2. Лайнер В. И. и Кудрявцев Н. Т. Основы гальваностегии, Части I и II, Металлургиздат, 1953 и 1957.
3. Блащук Е. Ф. и Лаворко П. К. Гальванотехника, Машгиз, 1961.
4. Левинзон А. О. Проектирование цехов металлопокрытий, 1959.
5. Мелков М. П. Твердое осталивание автотракторных деталей, Автотрансиздат, 1962.
6. Клинов И. Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы, Машгиз, 1960.
7. Запольский Н. В. Восстановление и упрочнение деталей осталиванием на автоматизированной установке, ЛДНТП, 1961.
8. Бела Б. Справочник гальваностега, Машгиз, 1960.
9. Мелков М. П. и Жедяевская Г. Д. Пористое осталивание, ЦИТЭИН, тема 16 № М-60-16/1, 1960.
10. Мелков М. П. Электролитическое осаждение износостойких железо-никелевых покрытий, ЦИТЭИН, тема 16, № М-60-270/29, 1960.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Основные понятия о процессе электролиза железа	5
Общая характеристика способов электролитического наращивания деталей	5
Электролиз металлов	7
Катодная и анодная поляризация	10
Катодный процесс осаждения железа	16
Анодный процесс при осаждении железа	19
Глава II. Хлористые электролиты для осталивания	22
Общая характеристика электролитов	22
Приготовление электролита	25
Контроль и корректировка содержания в электролите железа	28
Химанализ состава электролитов	30
Корректировка и контроль кислотности электролита	37
Глава III. Технологический процесс твердого осталивания	41
Схема типового технологического процесса твердого осталивания (стальных и чугунных деталей)	41
Подготовка деталей к осталиванию (предварительная)	43
Подвесные приспособления	50
Электрохимическая подготовка деталей перед покрытием (окончательная)	70
Осталивание	80
Контроль качества покрытий	89
Обработка после осталивания	96
Глава IV. Влияние условий электроосаждения на свойства электролитического железа	99
Общая характеристика свойств электролитического железа	99
Влияние условий электролиза на микротвердость электролитического железа	103
Влияние нагрева на микротвердость электролитического железа	106
Структура твердого электролитического железа и внутренние напряжения в нем	108

Механическая прочность деталей, покрытых электро- литическим железом	112
Износостойкость твердого электролитического железа	117
Глава V. Опыт промышленного применения твердого осталива- ния в ремонтной практике	125
Характеристика способа твердого осталивания и области его применения	125
Рекомендации по выбору режимов твердого оста- ливания	129
Восстановление автомобильных и тракторных деталей	134
Восстановление деталей металлорежущего обору- дования	147
Восстановление деталей оборудования на заводах искусственного и синтетического волокна	150
Восстановление деталей горного комбайна «Донбасс»	152
Восстановление деталей судовых двигателей и ме- ханизмов	155
Глава VI. Организация и оборудование участков твердого осталивания	159
Технологические рекомендации по проектированию участков осталивания	159
Требования к проектированию установки осталивания	164
Типы и характеристика ванн осталивания	166
Описание установки осталивания СПИ	169
Футеровка ванны антегмитовыми плитками	179
Установки осталивания, построенные на различных заводах	186
Технико-экономическая эффективность применения твердого осталивания на заводах	198
Литература	202